COMPTES RENDUS HEBDOMADAIRES DES SÉANCES
DE

L'ACADÉMIE D'AGRICULTURE DE FRANCE

PRÉSENTÉS

PAR LE SECRÉTAIRE PERPÉTUEL

TOME QUARANTE-TROISIÈME

ANNÉE 1957

N° 10. — Séances des 22 et 29 Mai 1957

PARIS

ACADÉMIE D'AGRICULTURE DE FRANCE

18, RUE DE BELLECHASSE, 18

(7e Arrt) — Invalides : 10-27

COMMONWEALTH MYCOLOGICAL INSTITUTE
29 JUL 1957

La Bibliothèque de l'Académie d'Agriculture est ouverte tous les jours, de 14 heures à 17 heures, sauf le samedi. Le Bibliothécaire se tient à la disposition des lecteurs et chercheurs autorisés qui devront se présenter à lui pour y avoir accès.

L'Académie d'Agriculture de France

Son rôle, ses travaux

L'Académie d'Agriculture de France, instituée sous Louis XV, a été reconnue comme établissement d'utilité publique par décret du 23 août 1878 de M. le Président de la République Française.

Elle s'honore d'avoir, dans le passé, compté dans son sein, à coté des praticiens les plus éminents de l'agriculture française, de grands savants comme Pasteur, Boussingault, Dumas, Chevreul, Deherain, Schlœsing, de Vilmorin, Dechambre, de Candolle, Mathieu de Dombasle, Hickel, Bouvier et tant d'autres aujourd'hui disparus.

Elle a pour mission d'étudier les questions se rattachant à la production agricole ainsi qu'à l'économie rurale et d'éclairer le Gouvernement sur tout ce qui intéresse le progrès et le développement de l'agriculture.

Il n'est pas de problèmes concernant l'agriculture qu'elle n'ait, à l'heure actuelle, abordés; même aux heures les plus sombres de notre histoire son activité ne s'est jamais ralentie.

***

Les questions de technique agricole (agriculture, art vétérinaire, zootechnie, sylviculture, génie rural, chimie, histoire naturelle, entomologie, etc.), ainsi que les problèmes de politique générale agricole et d'économie rurale sont, au cours de séances hebdomadaires publiques, exposés par ses membres les plus qualifiés.

L'Académie ne se borne pas à des études théoriques. Elle a, dans le domaine forestier d'Harcourt (Eure) qui lui a été légué par un de ses membres, poursuivi depuis un siècle l'acclimatation ainsi que l'étude de nombreuses essences forestières métropolitaines, européennes ou exotiques.

Par l'abondance et la variété des sujets traités, par l'objectivité et le sens des réalités qui président aux discussions, les travaux de l'Académie constituent une documentation unique en matière agricole et une mise au point permanente de toutes les questions intéressant l'économie rurale.

(Suite page III)

SÉANCE DU 22 MAI 1957

Présidence de M. Tony BALLU

SUR L'ÉCONOMIE DE L'EAU DANS LES RÉGIONS ARIDES

I. — PRÉSENTATION COMMENTÉE DE CLICHÉS EN COULEUR PRIS DANS LA RÉGION DE BENI-ABBÈS

M. Chouard. — Nous avons convenu de revenir aujourd'hui sur l'étude des moyens offerts à la recherche scientifique et agronomique dans le Sahara.

Je suis heureux de saluer ici le fondateur du laboratoire de Beni-Abbès, M. Menchikoff qui a bien voulu assister à cette séance et qui recueillera volontiers les avis de l'Académie d'Agriculture, en vue de déterminer les recherches les plus opportunes à poursuivre dans ce laboratoire.

Pour servir de transition entre ma communication un peu improvisée d'il y a quinze jours et la question qui va être traitée par notre confrère M. Hénin, je vais essayer de réaliser un phénomène absolument nouveau dans l'histoire de notre Compagnie : la présentation de projections en couleurs. Vous aurez sous les yeux les différents types de milieux dans lesquels et pour lesquels il y a lieu de repenser le problème de l'eau et de la vie des plantes.

M. Chouard présente alors une cinquantaine de clichés en couleurs, montrant le site de Beni-Abbès et du laboratoire avec les essais culturaux qu'il a mis en place ; la Palmeraie et ses cultures ; la Vallée avec ses gueltas et ses sebkras ; le grand Erg avec ses dunes et sa végétation clairsemée mais permanente ; la Hamada avec ses cailloutis, le reg et ses dayas ; et les monts d'Ougarta avec leurs « forêts » si peu denses et leur végétation relicte.

M. le Président remercie vivement et félicite M. Chouard pour ces projections si attrayantes et si riches d'enseignements.

II. — LES PRINCIPES GÉNÉRAUX DE L'ÉCONOMIE DE L'EAU DANS LES RÉGIONS ARIDES

M. Hénin. — Cet exposé fait suite à la première communication présentée par notre confrère M. Chouard. Il avait dans ses anticipations apporté des éléments qui méritaient une discussion : mais je craignais, en le faisant au cours de la séance, qu'elle prenne un caractère un peu confus. C'est après une amicale conversation, avec notre Confrère et notre Secrétaire perpétuel, qu'ils m'ont proposé de présenter cette communication. Il s'agit d'une vue d'ensemble sur le comportement de l'eau dans les régions désertiques.

Si on apporte une quantité d'eau Q_1 sur un sol complètement sec, celui-ci ne peut être mouillé que sur une certaine profondeur définie par une propriété intrinsèque du milieu qu'on appelle la « capacité aux champs ».

Soit :

Q_1 la quantité d'eau apportée
C la capacité aux champs.

La profondeur mouillée étant E_1, on a :

$$E_1 = \frac{Q_1}{C}$$

Si on attend quelque temps, une partie de l'eau va être évaporée, soit Q'_1.

Un second apport donne une quantité d'eau nouvelle Q_2. Si $Q_2 > Q'_1$, la profondeur de sol mouillé sera :

$$E_2 = \frac{Q_1 + Q_2 - Q'_1}{C} \text{ avec } E_2 > E_1$$

Avec des apports successifs d'eau, partiellement infiltrée, nous augmentons l'épaisseur mouillée jusqu'au moment où l'épaisseur saturée rejoint la nappe profonde. La percolation se continue alors, toute l'eau infiltrée alimentant la nappe.

Il est important de noter que la quantité Q'_1 est limitée en sols nus à environ 35 millimètres pour des sols de consistance moyenne : cette valeur est inférieure pour un sable et un peu supérieure pour une argile. Ces faits ressortent de l'étude de très nombreux bilans d'eau. Ces 35 millimètres sont les seuls que nous puissions espérer économiser par un mulching.

Évidemment l'évaporation peut être supérieure à Q'_1, mais il faut alors que les végétaux interviennent. Il semble que la limite de 35 millimètres soit due au fait que la conductibilité du sol pour l'eau soit très mauvaise et qu'il se produise naturellement une auto-protection contre l'évaporation. Je n'insisterai pas sur cette question, étudiée par de nombreux auteurs, notamment par Hallaire.

Considérons l'action du végétal sur l'évaporation. On peut regretter qu'un certain nombre de chercheurs, agronomes, biologistes, aient exprimé la quantité d'eau évaporée par la plante en la ramenant au kilo de matière sèche. Ce calcul laisse supposer que la végétation agit comme une sorte de pompe qui fonctionne d'autant plus qu'il y a plus de matière végétale. Il faut au contraire considérer le végétal comme une mèche qui évapore. Cette propriété est la conséquence inévitable du fait que les réactions chimiques intéressant la biologie s'effectuent en milieu aqueux. On pourrait à la limite concevoir une plante enduite d'un produit imperméable qui n'évaporerait pas, elle ne se développerait probablement pas d'ailleurs et mourrait, mais par asphyxie.

Ceci étant posé, les différences d'évaporation qui existent d'un végétal à l'autre, quand on considère les plantes cultivées en grande surface, sont commandées presque entièrement par les conditions d'évaporation du milieu et très peu par les propriétés spécifiques du végétal. D'après L. Turc, la différence peut aller au maximum de 1 à 2 (quand on passe de l'orge à la luzerne). Cette différence, qui est déduite par le calcul du comportement d'une végétation sur un sol, fait également entrer en ligne de compte les possibilités d'alimentation par la racine et pas uniquement la résistance à l'évaporation. Dans ces conditions, comment se pose pour l'agronome le problème de la résistance d'une plante à la sécheresse?

Il semble que ce soit d'abord par son enracinement, dans une certaine mesure par la surface foliaire, et beaucoup plus par l'adaption du rythme physiologique au rythme climatique que les végétaux se défendent contre la sécheresse.

Il s'agirait de savoir ce qui se passe pour les plantes que les clichés de M. Chouard viennent de nous faire voir. Elles paraissent posséder au maximum ces propriétés de résistance. La question qui se pose dans l'optique d'une amélioration du milieu, c'est la vitesse de croissance. Chaque fois que nos végétaux cultivés ont à résister à la sécheresse, ils

le font aux dépens de leur rendement. La vigne et l'olivier se développent dans des conditions écologiques invraisemblables; ils donnent alors quelques kilos de fruits par an. Mais si on l'irrigue, le même olivier donnera 150 ou 200 kilos de fruits par an. Est-ce que nous ne nous trouvons pas en face du même problème et quel serait le rythme de croissance des végétaux qu'on nous a présentés?

Quoi qu'il en soit, les végétaux vont donc évaporer l'eau des couches profondes du sol.

Si la quantité d'eau évaporée par un végétal est supérieure aux quantités qui peuvent s'infiltrer, l'économie de l'eau est alors entièrement superficielle, toute l'eau précipitée se trouvant réévaporée. Ce sont les conditions d'utilisation du dry-farming qui consiste à accumuler dans le sol les précipitations de deux années.

La pénétration de l'eau dépend essentiellement de l'intensité et de la fréquence des précipitations. Si nous reprenons l'image du début, supposons qu'entre chaque apport Q_1, Q_2, etc., il se soit écoulé un temps suffisamment long pour que chaque fois la quantité Q'_1 ait été évaporée. La quantité d'eau qui pénétrera dans le sol sera $\sum_1^n Q_1 - nQ'_1$. Au contraire, si toute l'eau était tombée en une seule fois, sa quantité infiltrée serait $\sum_1^n Q_1 - Q'_1$.

Le mulching joue sur cette évaporation superficielle. Il peut être réalisé par des débris végétaux, des papiers ou des matières plastiques comme le proposait notre confrère M. Chouard. Les pierres constituent un excellent mulching. Il existe naturellement à Châteauneuf-du-Pape, avec les gros blocs roulés qui couvrent la surface et on explique ainsi la résistance de ce vignoble à la sécheresse. En Chine, dans la région de Tien-Tsin, on recouvrait couramment le sol avec des pierres pour lutter contre l'évaporation. Que penser du mulching par le travail du sol illustré par le dicton : « Un binage vaut deux arrosages »? C'est une notion que l'on considère actuellement comme inexacte, parce que le sol lui-même paraît se protéger suffisamment contre l'évaporation par la dessiccation de sa surface. Actuellement on tend à attribuer aux façons superficielles répétées deux actions : 1° destruction de la végétation adventice qui, lorsque la culture principale n'est pas installée exerce une concurrence dangereuse; 2° faciliter l'infiltration.

Un point encore sur lequel je voudrais revenir : si on essaye de stocker une certaine quantité d'eau dans le sol, par exemple si l'on suppose que toute l'eau est apportée en une fois, il n'est pas certain que l'on obtienne ainsi la meilleure économie. En effet une fois la capacité du sol saturée, il y aurait drainage en profondeur, donc des pertes d'une autre nature.

L'idéal serait qu'on arrive à arrêter l'eau nécessaire à la végétation dans la zone où les racines pourraient la reprendre pour l'évaporer. Là encore on peut se heurter à une autre difficulté : l'accumulation des sels en surface. Et il est certain que la bonne politique consiste à avoir un minimum de drainage qui, grâce à un certain lessivage, maintient le bon état du milieu.

Dans les pays où les précipitations sont peu abondantes (en moyenne annuelle), elles sont souvent très brutales et, comme le montrait la première photo, donnent lieu à un ruissellement intense provoquant de l'érosion. D'après les travaux des spécialistes, dans les zones désertiques on peut évaluer pour une précipitation de 25 millimètres un ruissellement de l'ordre de 50 p. 100 à 60 p. 100. Cette quantité d'eau est perdue pour le sol sur lequel elle tombe, mais elle forme, au moment des précipitations, une nappe qui ruisselle et se trouve collectée dans les dépressions, puis dans les oueds. C'est ainsi que naissent ces rivières temporaires mais au cours majestueux paraît-il. Le fleuve le plus important du Sahara a quelque 800 kilomètres de longueur. Le Sahara contient

ainsi beaucoup de rivières qui malheureusement ne coulent guère qu'une fois par an ou en quelques années. Il n'en reste pas moins que nous trouvons là où le ruissellement se concentre, les conditions où les précipitations se trouvent rassemblées dans un laps de temps court permettant une alimentation en profondeur du sol et la constitution de réserves. Celles-ci pourront durer d'autant plus longtemps que la végétation est peu abondante. Toutes les dépressions, toutes les anfractuosités, tous les points qui permettront l'infiltration de la nappe d'eau en période de pluie, doivent être des zones de végétation. Cette conclusion est conforme à ce que nous avons vu tout à l'heure.

Essayons d'évaluer les réserves d'eau qui peuvent se constituer dans ces conditions. Il est raisonnable de prendre pour moyenne annuelle, dans le Sahara, 40 millimètres d'eau. La moitié étant infiltrée sur place, et plus ou moins perdue par conséquent, l'autre moitié s'écoule vers l'aval, et là une certaine quantité va s'infiltrer. D'après des évaluations récentes, approximativement, sur 20 millimètres de ruissellement, on pourrait admettre 5 millimètres. Ces 5 millimètres iraient alimenter les nappes profondes ou superficielles qui affleurent en certaines régions du désert, dans les bas-fonds. Même cette très faible quantité, à la longue, va provoquer une élévation du plan d'eau qui affleurera en surface. C'est là où la végétation va s'installer et où l'on pourrait songer à tirer de l'eau pour irriguer.

Quelle serait l'importance des surfaces susceptibles d'être cultivées en supposant que nous ayons collecté ainsi toute l'eau du Sahara pour faire une culture intensive? D'après les calculs effectués sur la base des formules de L. Turc, vérifiées par l'expérience, il faut en Égypte, dans la région du Caire, 1 500 millimètres pour réussir la culture de la canne à sucre. Pour une surface cultivée, il faut donc collecter l'eau de 300 hectares pour cultiver 1 hectare, soit 15 ou 20 000 kilomètres carrés, pour l'ensemble du Sahara. Si on prenait 2 millimètres d'eau, on arriverait à une surface représentant les 2/5 de la précédente. Ce total est malheureusement divisé en une poussière de petites surfaces, qui affleurent de place en place, comme celles que nous montraient les clichés. Peut-on espérer intensifier la culture à partir de possibilités aussi réduites? Cela semble difficile.

On pourrait envisager l'établissement de zones agricoles, liées à la mine ou aux puits de pétrole, utilisant les réserves d'eau locales. L'exploitation agricole serait calculée pour vivre autant que les réserves minières à exploiter. Cette méthode serait-elle rentable? C'est peu probable et la réponse demande des mesures et des études longues et coûteuses. Est-ce qu'il ne serait pas plus économique de profiter des inévitables déplacements de véhicules pour apporter les éléments indispensables à la vie du personnel qui se trouve sur place?

Quand on parle des déserts, il faut penser aux condensations occultes. Il ne semble pas que ce phénomène puisse fournir beaucoup d'eau. En effet la condensation de 1 gramme d'eau nécessite quelque 600 calories. La chaleur spécifique du sol étant de l'ordre de 0,3, il faut donc élever 3 grammes de sol de 1^0 pour avoir 1 calorie et pour fixer 0,05 p. 100 d'eau ce qui donne 100^0 pour 5 p. 100 d'eau. En réalité les choses ne se passent pas ainsi : l'équilibre thermique se rétablit par conductivité, mais il reste que l'élévation de température inhibe rapidement la condensation. D'autre part, pour qu'il y ait fixation d'eau, la température, au point de condensation doit être inférieure au point de saturation de l'atmosphère. Or on nous a dit que les rosées sont rares dans le Sahara central, donc les chances de condensation sont très faibles aussi.

Il n'en irait pas ainsi si on allait sur la zone côtière. Là des témoignages divers font état de condensations importantes. La végétation marque déjà ce fait, et on peut se faire une idée des possibilités en considérant la densité et la nature des plantes.

Reste la question des « puits aériens ». Je n'ai pas de renseignements

personnels à ce sujet. Peut-être pourraient-ils fonctionner avec efficacité dans les zones côtières. Toutefois je ne crois pas que l'on puisse alimenter par ce procédé une irrigation importante, on peut envisager probablement d'alimenter des points d'eau et des abreuvoirs.

Reste à examiner le cas des sables. Je me réfère ici à l'opinion de M. Bagnold, grand spécialiste de la question. A son avis l'eau qu'on peut trouver dans les dunes serait également collectée à partir du ruissellement comme dans le cas envisagé précédemment.

Pour conclure il semble qu'en dehors d'un apport d'eau extérieur, détournement de grands fleuves, distillation ou épuration d'eau de mer, on ne peut songer à créer une agriculture nécessitant des consommations d'eau importantes. On peut par contre songer à améliorer les possibilités existantes en restant dans le cadre d'une production très extensive et uniquement dans les zones recevant déjà quelques précipitations : amélioration des pâturages, grâce à une réglementation; production de fourrages d'appoint (par exemple, introduction de cactus qui, paraît-il, sont de bons fourrages pour les animaux habitués à une alimentation rustique); établissement de points d'eau pour éviter des pertes de bétail en période de sécheresse. Les études nécessaires à ces améliorations pourraient être entreprises au laboratoire de Beni-Abès comme le suggérait notre Confrère, car il est évident que c'est un moyen de travail qui doit être mis en œuvre.

M. le Président. — Je ne saurais trop féliciter et remercier notre confrère Hénin de sa remarquable communication, qui apporte une précieuse contribution à l'étude de la science du sol en régions arides.

Puisque nous bénéficions aujourd'hui de la présence de M. Menchikoff, que je suis heureux de saluer, je lui demande s'il a des observations à présenter.

M. Menchikoff. — Je n'ai pas personnellement étudié ces questions. Mais notre laboratoire est assez bien outillé et pourrait permettre de travailler les questions d'hydrologie. Nous avions du moins essayé d'étudier les condensations dans les dunes : malheureusement nous manquons de personnel et nous avons les plus grandes difficultés à recruter des « scientifiques ». M. le Pr Combes, ici présent, connaît bien ces difficultés. Si nous pouvions être aidés pour mettre en route ces travaux qui sont très intéressants, le laboratoire de Beni-Abbès serait bien placé pour les entreprendre.

M. Chouard. — Je remercie M. Hénin d'avoir eu la pensée de compléter si heureusement ce que je disais il y a deux semaines, et d'avoir précisé les points où il est parfaitement compétent.

Quelques opinions et quelques vœux se dégagent, me semble-t-il, de nos deux réunions consacrées aux recherches nouvelles sur la mise en valeur des pays arides.

En premier lieu, les ressources naturelles en eau constituent, à l'heure actuelle, le facteur limitant le plus fondamental; ces ressources sont extraordinairement petites; elles ne permettront, même avec la culture la plus économe en eau, que d'exploiter une fraction infime de la surface totale du Sahara, infime en valeur relative, mais non négligeable en valeur absolue.

Dans l'état actuel de l'économie agricole des indigènes et des européens, il y a pourtant un véritable gaspillage d'eau dans la façon dont elle est utilisée. Les études que j'ai suggérées, celles dont M. Hénin a rappelé les bases, permettraient probablement de parvenir, avec l'eau renouvelable et disponible, à cultiver deux à trois fois plus de surface que celle cultivée actuellement. J'estime que, même si la rentabilité n'est pas certainement immédiate, un tel but mérite d'être recherché.

Les études théoriques et pratiques qu'on peut faire dans cette voie demandent du temps et ont chance de ne pas être immédiatement ren-

tables du point de vue économique; il convient donc, pour le moment, de les poursuivre plutôt dans un laboratoire scientifique que dans une station agronomique. Mais de telles études permettront sans doute, d'ici peu d'années, de parvenir à une connaissance précise et complète des manières de conduire une culture, dans l'ambiance du Sahara avec le maximum d'économie de l'eau, et de choisir celles qui se révèleront les plus rentables.

Certes, pour les installations pétrolifères, il est commode de faire l'approvisionnement en fruits et légumes par avion. Mais, quand même, la culture de ces denrées fraîches coûterait un peu plus cher à faire sur place, je crois qu'elle s'imposera bientôt, car l'expérience que je viens de subir dans mon récent voyage, m'a montré que le pont aérien des légumes sature déjà la flotte militaire dévolue au Sahara!

D'autre part, il est clair que les systèmes physiques de production d'eau douce à partir de l'eau salée de la mer sont en constant progrès. J'ai indiqué que déjà 1 mètre carré de l'évaporateur fixe le plus banal, exposé au soleil, peut procurer assez d'eau pour cultiver, dans les systèmes de culture avec économie d'eau, un autre mètre carré de sables ou de graviers sahariens. Si actuellement la rentabilité d'un tel système est une utopie, il me paraît néanmoins indispensable de travailler aux études fondamentales permettant de l'améliorer, car le temps approche où, d'ici peu de générations, le monde aura besoin absolument de telles ressources nouvelles en aires productrices de vivres et de matières premières de nature organique pour l'industrie. Il ne me semble pas plus déraisonnable de mettre de telles études au programme des travaux à entreprendre que de voir, comme c'est la coutume admise et respectée, les forestiers établir la reconversion d'un taillis en futaie, en vue d'un programme de production de bois d'œuvre, dont le terme se situe cent à cent cinquante ans plus tard.

M. Hénin. — En périodes de pointe ou au début d'une exploitation, on éprouve toujours des difficultés. Le point qui me préoccupe est de savoir si l'opération est rentable. En Guyane anglaise, le problème se posait de la même façon pour les mines d'or qui sont installées dans l'arrière-pays. Le mauvais état des routes impose un ravitaillement par avion. Il fallait trouver un frêt de retour, il est assuré par du bétail abattu. En principe, les troupeaux sont conduits vers les régions côtières par des pistes. Il y a des pertes d'animaux, leur poids diminue, le transport par avion est une économie importante.

Il me semble que l'on a transporté du coton par avion, en A. E. F., à peu près dans les mêmes conditions.

M. le Président. — Ce sujet est fort intéressant : il mériterait de nombreuses études et des prolongements. J'espère que nous pourrons un jour les aborder.

Présentation d'ouvrage :

LE DIAGNOSTIC DES CARENCES MINÉRALES CHEZ LES PLANTES

par *le* **Prof. Wallace,** *membre étranger de l'Académie*

M. Lavollay. — Il m'est particulièrement agréable de vous présenter l'ouvrage offert par notre nouveau confrère, M. le Prof. Wallace, de l'Université de Bristol. Cet ouvrage a pour titre : « Le diagnostic des

carences minérales chez les plantes, par les symptômes visuels (1). »

L'auteur écrit lui-même dans l'introduction que son livre expose une méthode de reconnaissance par des symptômes visibles, d'un certain nombre de carences en aliments minéraux, chez des végétaux communément cultivés en agriculture et en horticulture.

La caractéristique la plus importante de l'ouvrage est d'apporter de splendides photographies en couleurs des symptômes variés des carences minérales observables chez les principales plantes cultivées. Leur ensemble constitue un véritable atlas en couleurs de ces signes de carences, classés par espèces végétales. Il s'agit, soit de plantes développées dans des conditions naturelles ayant conduit à des signes de carence caractéristiques, soit de plantes cultivées sur sable de manière à provoquer des carences pures. L'auteur conseille d'utiliser ces images pour la reconnaissance des symptômes visuels observés sur le vivant; il recommande avec raison la lecture du texte qui les précède pour que les problèmes pratiques soient abordés dans un esprit suffisamment critique et pour que les difficultés que comporte parfois l'utilisation de la méthode ne soient pas oubliées.

Il arrive en effet que des symptômes semblables ou très voisins soient le résultat de causes différentes.

D'autre part, la culture sur des milieux artificiels permet de produire une carence pure, en un seul élément, et de révéler les *symptômes* de cette carence également à l'état pur, indépendants d'autres conditions de milieu qui peuvent en atténuer la pureté.

La nature ne réalise pas habituellement une telle simplicité et, dans certains cas, les problèmes pratiques peuvent être très compliqués. Par exemple sur des sols fortement acides, les plantes ne souffrent pas seulement de carence en calcium, mais aussi de carences en autres bases (ainsi qu'en azote et en phosphore); elles sont en outre affectées alors par des concentrations toxiques de l'aluminium, du manganèse, des ions hydrogènes. Les symptômes visuels présentés par les plantes cultivées sur de tels sols sont alors une combinaison des symptômes de la *carence* en calcium, avec ceux de la *toxicité* de l'hydrogène, de l'aluminium et du manganèse. Il est bien évident cependant que la connaissance des symptômes isolés est nécessaire pour l'analyse de symptômes complexes.

Les 313 photographies en couleurs que comporte l'atlas des symptômes de carence ou de toxicité minérales, constituent la moitié du volume du Prof. Wallace. Elles sont fort belles et choisies avec un très grand soin de manière à faire apparaître clairement les *symptômes caractéristiques*. Le texte qui constitue la première moitié de l'ouvrage est divisé en cinq chapitres assez courts, rédigés de la manière la plus simple avec beaucoup de clarté et de retenue. Dans les deux premiers chapitres, l'auteur condense les points essentiels de la nutrition minérale des plantes et examine les conditions du sol en relation avec cette nutrition. Les différentes méthodes utilisables pour la détermination des carences minérales sont exposées chapitre III. Les symptômes visuels des carences minérales font l'objet du quatrième chapitre. Enfin le chapitre V est consacré à l'utilisation de la méthode de diagnostic visuel dans la pratique aux champs.

Dans ce chapitre, l'auteur expose notamment une méthode qu'il a préconisée depuis quinze ans, et qui est fondée sur l'utilisation de plantes indicatrices. Il s'agit de quelques espèces, spécialement choisies en raison de leur susceptibilité à des carences particulières et de la clarté des symptômes visuels qu'elles présentent. La culture d'un petit nombre de ces espèces sur un terrain donné permet de connaître les carences

(1) T. Wallace. — The diagnosis of mineral deficiencies in plants by visual symptoms. A colour atlas and guide. London. H. M. Stationery office. Second édition, 1951.

auxquelles le sol peut conduire. La culture des mêmes plantes sur des parcelles recevant les quelques traitements par engrais qui sont préconisés par l'auteur permet le contrôle et le recoupement des réponses données par les plantes indicatrices.

Le Prof. Wallace insiste à plusieurs reprises sur les causes d'erreur ou de confusion qui affectent la méthode du diagnostic visuel; il estime à juste raison que le succès du diagnostic des carences relève de l'association de plusieurs méthodes complémentaires qui sont essentiellement l'analyse minérale de la plante et du sol, les pulvérisations et le diagnostic visuel. Ce dernier constitue, dans certains cas, le moyen le plus rapide pour connaître les causes d'une insuffisance de rendement et par conséquent pour y porter remède, dans le minimum de temps et avec le moins d'efforts. Le livre de M. Wallace est un manuel fondamental de la bibliothèque des spécialistes de la nutrition minérale des plantes.

Présentation d'ouvrage :

DICTIONNAIRE DES HUILES VÉGÉTALES

par **Paul-H. Mensier**

M. Ferrand. — Il y a sept ans M. Mensier publiait un petit « Lexique des Huiles Végétales » de 168 pages qui eut à juste titre un très grand succès et dont l'édition fut rapidement épuisée.

Nous avons dû attendre des années une seconde édition réclamée par beaucoup de lecteurs, car l'auteur nous réservait une grande surprise.

Le petit lexique si utile déjà, s'est transformé en un magistral « Dictionnaire des Huiles Végétales » de plus de 750 pages qui vient de paraître dans l'Encyclopédie Biologique, aux Éditions Paul Lechevalier. Ce dictionnaire est préfacé avec grand éloge par le très regretté Casimir Cépède, directeur-fondateur de l'Institut de Biologie Appliquée.

On trouve dans l'ouvrage, non seulement toutes les plantes oléifères du monde entier qui fournissent aux hommes des matières grasses alimentaires ou industrielles, mais aussi toutes celles dont les chercheurs ont signalé la teneur en huile ou en graisse de leurs fruits, de leurs graines ou de leurs tissus.

Pour les espèces dont la culture est développée dans le monde comme le palmier à huile, l'arachide et d'autres, on trouve au cours de développements de quatre, cinq ou six pages, non seulement les caractéristiques botaniques de la plante, la composition et toutes les propriétés physiques et chimiques de leurs huiles, mais aussi leurs exigences quant au climat et au sol, des notions sur leur culture, sur le mode d'extraction de l'huile et les principales applications des produits obtenus, sans oublier la composition et l'utilisation possible des tourteaux résiduels.

Pour des milliers d'autres, appartenant à des familles et des genres les plus divers, on trouve tout ce que la science nous en a appris jusqu'aujourd'hui quant à leurs réserves grasses : tantôt simplement la localisation et la quantité de ces réserves, tantôt une étude très poussée de celles-ci. En bref, ce magnifique ouvrage dépasse souvent la valeur du dictionnaire pour prendre celle de l'encyclopédie.

Un point très important qui ajoute grandement encore à la valeur pratique de ce livre, c'est le souci qu'a eu l'auteur de mentionner les noms vernaculaires et étrangers de toutes les espèces citées. A titre

(1) Préface du Prof. Casimir Cépède, éditions Paul Lechevalier, 12, rue de Tournon, Paris-VI^{e}, dans Encyclopédie Biologique, 1957.

d'exemple typique je signale que pour l'arachide, 300 à 350 noms différents sont renseignés. Tous ces noms étrangers, au nombre d'environ 10 000, sont consignés à la fin du dictionnaire dans un lexique de 140 pages qui permet de retrouver immédiatement la dénomination scientifique d'une espèce à partir d'une appellation locale.

Ce dictionnaire très bien présenté rendra les plus éminents services aux botanistes, aux agronomes, aux chimistes, aux industriels et même aux commerçants qui, je l'ai constaté plusieurs fois, ne savent pas toujours la marchandise qu'on leur présente lorsqu'on leur offre une cargaison de graines oléagineuses sous une appellation étrangère.

Pour faire une œuvre comme celle que nous donne aujourd'hui M. Mensier, il faut non seulement beaucoup de connaissances et beaucoup de talent, mais il faut aussi la foi dans l'utilité du but poursuivi et le goût de servir. Nous devons lui en être reconnaissants.

REMARQUES SUR LES PREMIÈRES PHASES DE LA PÉNÉTRATION DES PHOSPHATES MARQUÉS PAR LE LIMBE FOLIAIRE

par M^me^ **C. Sosa-Bourdouil** et **P. Lecat**

(*Note présentée par* **M. Chouard**)

En 1951-52, nous avons montré que le phosphore marqué des phosphates en solution appliqué aux feuilles, par trempage ou pulvérisation, était absorbé, transporté et métabolisé par la plante (1). L'accumulation de P^{32} est particulièrement sensible dans les parties de la plante en voie de croissance et de développement. Le phénomène total d'absorption dépend de nombreux facteurs en particulier, de la structure et de la composition des membranes et de l'état fonctionnel des cellules (2).

On peut distinguer plusieurs phases dans la pénétration et la migration des éléments nutritifs :

a) contact et phénomènes de surface;

b) pénétration dans les téguments et à l'intérieur des tissus;

c) drainage et transport dans le reste de la feuille.

L'accumulation peut avoir lieu à divers stades et à divers niveaux.

Les premières phases de l'absorption par le limbe foliaire sont peu connues et nous avons seulement constaté lors de notre premier travail, que l'adjonction de substances tensio-actives (mouillants) dans la solution, favorisait la pénétration du phosphore.

Nous étudions ici la pénétration de P^{32} de solutions de phosphates dans l'eau bidistillée sans aucune adjonction. La méthode de trempage pratiquée dans des laps de temps relativement courts, permet de se trouver dans des conditions physiologiques.

Le contact avec la solution de trempage est plus ou moins complet à cause notamment des échanges gazeux particulièrement actifs au niveau des feuilles. Les dispositifs structuraux de l'épiderme et sa constitution physicochimique interviennent dans les phénomènes d'imbibition et d'adsorption.

Coefficient de pénétrabilité

Nous avons étudié la faculté de divers limbes foliaires appartenant à diverses espèces, à se laisser pénétrer par des solutions contenant des

(1) C. N. R. S., 1951. — *C. R. Ac. Sc.*, 1952, **234**, 2 221; *C. R. Ac. Agr.*, 19 novembre 1952.

(2) *L'année biologique*, 1956, **32**, fasc. 9-10, 341 369.

éléments marqués et nous désignons cette faculté sous le terme de « pénétrabilité ».

L'étude de la *pénétrabilité* nécessite de réduire au minimum le transport qui peut modifier l'absorption au niveau du limbe.

Afin de réduire les causes de variations, dues aux phénomènes métaboliques, nous effectuons les essais après une nuit d'obscurité. Les feuilles sont détachées de la plante et plongées, sauf le pétiole dont l'extrémité est maintenue au-dessus du niveau du bain, dans des godets contenant les solutions actives. Les premières expériences ont été faites à 20° à l'obscurité. Après des temps variables, les feuilles sont rincées pendant quatre minutes, soit à l'eau courante soit dans 4 bains d'eau distillée pour éliminer l'excédent de la solution non fixée, et essorées entre des feuilles de papier filtre. Le rinçage est une opération particulièrement délicate, car il s'agit d'enlever l'excédent de solution sans entraîner de pertes sensibles par un courant inverse de la feuille vers l'eau extérieure. Cependant on peut considérer que les comparaisons sont valables si l'on a soin d'opérer toujours dans les mêmes conditions.

Pratiquement, les feuilles prélevées la veille au soir de l'expérience, sont maintenues à l'obscurité, la base des pétioles en contact avec de l'eau, jusqu'au moment de l'expérience. Les plantes en pots élevées en serre sont transportées au laboratoire dans une étuve obscure à 20°. Les feuilles peuvent ainsi être prélevées au moment de l'essai. Pour un nombre de feuilles représentant une quantité de substance sèche de l'ordre du gramme, on a employé 30 centimètres cubes de solution active.

Les rétentions de l'élément marqué par une quantité de feuilles correspondant à un poids déterminé de substance sèche au bout d'un temps donné est considéré comme une caractéristique de la « pénétrabilité » du limbe foliaire par cet élément dans des conditions définies. Pratiquement nous avons calculé le rapport entre l'activité de 1 centigramme de feuille sèche (1 h à 90°) et 0,1 cm³ de la solution initiale de trempage (exprimé en p. 100) (R). La quantité de phosphore retenu (exprimé en phosphate) est alors R × C, C étant le facteur de concentration de la solution (quantité de phosphate dans 0,1 cm³ de solution).

On peut en déduire la dose de phosphore acceptée par la feuille et le système foliaire de toute la plante pour un temps de contact déterminé avec la solution, ce qui présente un certain intérêt pour la pratique de la fumure foliaire.

Variation suivant les espèces

Cette méthode nous a servi à comparer la pénétrabilité de feuilles appartenant à diverses espèces, aux solutions de phosphates de concentrations variées.

Pour le même temps de contact et la même concentration de la solution, le coefficient R varie très largement suivant les espèces, ou bien, si l'on veut, il faut un temps de contact plus ou moins long pour obtenir la rétention d'une même quantité de phosphore marqué d'une même solution.

Par exemple il faudra quatre-vingt-dix minutes environ dans le cas d'une feuille de la Tradescantie horticole *Zebrina pendula*, deux heures pour une feuille de Fraisier, des valeurs voisines pour le Piment, la Tomate la Primevère, quatre heures pour le Poirier, cinq et six heures pour le Buis, le Lierre, l'Oranger et plus pour la Vigne.

Une autre indication utile est donnée avec la mesure de l'activité rapportée à une surface déterminée du limbe. On prélève à l'emporte-pièce (suivant la méthode classique), et après trempage, des surfaces connues de limbe foliaire, dans des régions semblables, sur un certain nombre de feuilles. Après dessiccation, on pèse et on mesure l'activité au compteur de Geiger-Muller. Nous avons calculé l'activité ramenée à 10 disques de 1 centimètre de diamètre.

Cette dernière valeur et celle du rapport R, nous ont rendu compte par exemple, des variations de pénétrabilité pour les feuilles d'une même plante en particulier suivant l'âge de la feuille et l'état fonctionnel de l'ensemble de la plante. La structure des téguments peut changer notamment avec l'âge de la feuille et avec l'accumulation des matériaux de synthèse dans le limbe foliaire.

Nous avons comparé des feuilles de Lierre récoltées en même temps sur une même souche en mai, les unes nées au printemps, les autres datant de l'année précédente, dans une solution de phosphate monoammonique M /200. Au bout de cinq heures on obtient les chiffres suivants :

	Activité en coups-minute pour 10 disques	1 cg sec	R (en %)
	—	—	—
Feuilles âgées	1 070 c/m	103 c/m	0,48
Feuilles jeunes	951 c/m	198 c/m	0,92

La valeur de R est, dans le cas des jeunes feuilles, le double environ de celle trouvée pour les vieilles feuilles.

Si l'on rapporte les résultats à une même surface, on obtient des activités voisines. Cela tient vraisemblablement à ce que les feuilles âgées, plus épaisses, sont chargées de matériaux, les surfaces dans l'absorption étant également effectives.

Les feuilles, d'une variété de Buis à larges feuilles, plongées dans une solution M /100 pendant le même temps, donnent les valeurs suivantes (en mai) :

	10 disques	par cg sec	R
	—	—	—
Vieilles feuilles	1 170 c/m	96 c/m	0,46
Jeunes feuilles du printemps	142 c/m	22 c/m	0,16

Ici les valeurs relatives à la surface et au poids sont beaucoup plus faibles pour les jeunes feuilles relativement aux autres, mais on observe que les jeunes feuilles se mouillent très difficilement alors que les vieilles sont mouillées en peu de temps. D'ailleurs, il suffit de frotter légèrement la surface pour faciliter le mouillage.

Chez le Robinier et le *Galega officinalis* on n'arrive pas à constater une pénétration notable de phosphore marqué au bout de douze heures, le contact de la feuille avec la solution étant difficile à cause de l'interposition d'une couche d'air.

Comparaison entre les deux faces

Reprenant l'étude du Buis, la variété utilisée donne des feuilles larges dont la face inférieure se sépare facilement de la face supérieure, les deux feuillets adhérant seulement sur les bords. Dans ces conditions, il a été possible, après trempage, de découper des disques de surface égale et de mesurer séparément l'activité de la face inférieure et celle de la face supérieure. Les résultats relatifs à un Buis récolté en décembre au bout de cinq heures de trempage dans une solution de phosphate disodique à 0,5 p. 100 sont :

	10 disques	1 cg sec	R
	—	—	—
Buxus sempervirens (var.) :			
Feuillet supérieur	333 c/m	56 c/m	0,92
Feuillet inférieur	350 c/m	140 c/m	2,33

Rapportées à une même surface, les activités sont peu différentes, rapportées à un même poids de substance sèche, le feuillet inférieur (le plus mince) est presque trois fois plus actif.

Comparaison entre feuilles vertes et feuilles albinos

Ces résultats tendent à mettre en évidence, l'action de surface aux premières phases de l'absorption. Un troisième exemple est fourni par les feuilles de *Zebrina*, dont la pénétrabilité est supérieure à celle des plantes précédentes. Une variété horticole, panachée vert et blanc, donne quelques feuilles complètement vertes et d'autres complètement blanches sur une même souche A. Nous avons comparé ces deux sortes de feuilles récoltées en juin dans la serre et plongées dans une même solution de phosphate disodique. Au bout de soixante-dix minutes on obtient les activités suivantes :

		10 disques	1 cg sec
A) Même souche	feuilles blanches	137 c/m	75 c/m
	feuilles vertes	187 c/m	54 c/m
B) Variété jaune panachée :	feuilles jaunes	131 c/m	78 c/m

On remarque les différences entre les feuilles non chlorophylliennes et les feuilles vertes. Si l'on se réfère à la surface, les feuilles fonctionnelles présentent une activité supérieure aux feuilles non chlorophylliennes. Si l'on rapporte les résultats au poids sec, la plus grande activité est en faveur des feuilles blanches et jaunes. Cette expérience met aussi en relief les phénomènes de surface, la pénétration dans la masse plus épaisse et chargée de matériaux des feuilles vertes étant plus lente.

Une autre variété rouge et pileuse a donné les résultats suivants au bout de deux heures de trempage :

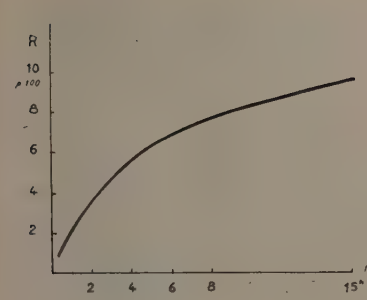
	Poids sec de 10 disques :	R
Variété panachée	0,68 cg	5,12
rouge	1	2,6

On peut ainsi caractériser une variété par le rapport poids/surface et la valeur de R.

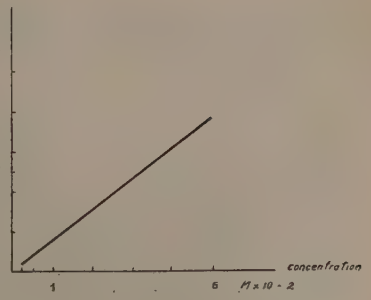
Dans ces expériences on a utilisé les résultats moyens sur des feuilles de la même plante aussi semblables que possible. La variabilité d'une feuille à l'autre d'une même plante de même développement peut être assez considérable de sorte qu'une étude statistique des résultats pourrait être nécessaire : par exemple pour les feuilles d'un même arbre. Lorsqu'on s'adresse à des plantes élevées en serre et aux mêmes stades les résultats sont plus constants, surtout si les prélèvements sont faits dans la première partie du développement avant la floraison.

Variation en fonction du temps

Nos essais sur les feuilles de Fraisier prélevées au début du printemps à des stades semblables, avant la floraison, donnent des résultats assez réguliers. Les mesures sont effectuées sur des disques de 1 centimètre de diamètre prélevés au centre de chaque foliole. L'activité rapportée à 1 centigramme en fonction du temps s'inscrit assez bien dans la courbe suivante : pour une solution de phosphate monoammonique à 0,1 p. 100.



Courbe 1. — *Fraisier.*



Courbe 2. — *Piment.*

Pour des Piments élevés en serre (*) et des feuilles prélevées avant la floraison aux mêmes étages sur la tige les courbes présentent la même allure.

Effet de la concentration

Nous avons pu ainsi amorcer l'étude de l'action de la concentration sur les premières phases de la pénétration de P^{32} par le limbe foliaire.

Avec le Fraisier, des trempages comparatifs ont été effectués dans des solutions M/10 et M/100 de phosphates monopotassique, monosodique, monoammonique de même activité (l'activité spécifique du phosphate marqué est en rapport inverse de la concentration).

	2 h		6 h	
	M/10	M/100	M/10	M/100
	—	—	—	—
$PO_4H_2NH_4$	255 c/m par cg sec	257	323	430
PO_4H_2K	298	287	313	503
PO_4H_2Na	305	228	373	494

On obtient après un contact de six heures avec des solutions de phosphate monoammonique une rétention de P correspondant à 16,4 γ de phosphate, pour la solution M/10 et 2,2 γ pour la solution M/100 ramenée à 1 centigramme de feuille sèche.

Dans l'ensemble, le coefficient R au bout d'un temps donné varie peu en fonction de la concentration entre M/10 à M/100. Il est néanmoins plus élevé pour les solutions M/100 que pour les solutions M/10. Pour les concentrations relativement faibles, la dose de phosphate retenue par centigramme de feuille sèche est sensiblement proportionnelle à la concentration, les autres conditions étant semblables (développement, hydratation, etc.).

Ces résultats sont confirmés dans les expériences sur le Piment. Chez *Zebrina*, le rapport R a présenté les valeurs suivantes avec des solutions également actives :

Temps d'immersion	1 %	0,1 %	0,01 %
	—	—	—
1 h 30	1,5	3,3	3,2
2 h.	2,8	3,2	3,3
17 h.	7,3	8,5	
		(valeur de R)	

* Nous remercions vivement M. le Prof. Chouard d'avoir bien voulu faciliter nos cultures dans la grande serre du C. N. R. S. (Gif-sur-Yvette).

Au bout de deux heures les quantités de phosphate correspondant au P fixé par centigramme de feuille sèche sont respectivement de (R × C) :

28 γ (C = 1 %) 3,2 γ (C = 0,1 %) 0,3 γ (C = 0,01 %)

Là aussi on obtient très sensiblement des valeurs proportionnelles à la concentration pour les solutions diluées.

Des résultats semblables ont été obtenus précédemment pour les feuilles de *Primula sinensis* entre 0,01 et 0,5 p. 100 de phosphate. Par contre, avec les mêmes solutions on obtient, au lieu d'une droite, des courbes décroissantes avec certaines espèces de Sauge.

Les premières étapes de la fixation de P^{32} par le limbe de *Zebrina* offre des particularités qui sont à l'étude. Dans les trente premières minutes l'activité augmente très rapidement et diminue ensuite pour remonter lentement. D'autres plantes dans les mêmes conditions n'ont pas présenté ce phénomène. Il est possible que les substances mucilagineuses très abondantes de ces feuilles donnent lieu à des actions de surface rapides de fixation temporaire.

Chez le Piment, nous avons obtenu pour des solutions de concentrations allant de 0,5 M à 0,005 M de phosphate monoammonique, les valeurs suivantes après trempage à l'obscurité (2 h) :

	0,5 M	0,05 M	0,01 M	0,005 M
R	1,76	2,73	2,45	2,43
R × C	101 γ	15,7	2,87	1,4

D'après ces résultats la proportionnalité entre la quantité de phosphore fixé par centigramme de feuille sèche et la concentration de la solution apparaît pour les solutions diluées jusqu'aux valeurs correspondant au moins à 0,05 M. La pente de la courbe a sensiblement diminué lorsqu'on atteint la concentration de 0,5 M.

Ces quelques exemples tendent à montrer que, sans préjuger de la nature des mécanismes impliqués, il est utile d'étudier la *pénétrabilité* précédemment définie des éléments nutritifs, pour chaque formule de solution et pour chaque espèce cultivée que l'on voudra soumettre à la pratique de la fumure foliaire à des stades déterminés de leur cycle vital.

L'ensemble des résultats indique qu'il est possible de trouver de grandes différences de *pénétrabilité* entre les diverses espèces et variétés.

RÉPARTITION DES ÉLÉMENTS MINÉRAUX DANS LE MAÏS AU COURS DE SA VÉGÉTATION

par **MM. J. Carles, L. Soubiès et R. Gadet**

(*Note présentée par* **M. Chouard**)

Notre étude a porté sur un ensemble de pieds de maïs hybride Iowa 4 417 cultivés avec une densité de 5 pieds au mètre carré sur une terre d'alluvions de la basse vallée de la Garonne composée de 23 p. 100 d'argile, 22 p. 100 de limon, 43 p. 100 de sable fin et 6 p. 100 de sable grossier. De pH neutre, cette terre contient, pour 1 000 parties, 3 de chaux échangeable, 0,2 de magnésie échangeable et 0,03 de sodium. Elle fut convenablement approvisionnée en engrais et le poids sec moyen de chaque pied était à la récolte de 220 grammes dont près de la moitié était représentée par des grains.

De nombreuses analyses ont été faites dans les plantes dont nous ne retiendrons que celles de l'azote organique total et du phosphore, du potassium et du sodium, du calcium et du magnésium.

Réalisées à divers stades de la végétation, ces analyses portent sur les différentes parties de la plante, mais nous laisserons souvent de côté celles qui concernent les parties secondaires telles que l'épi mâle, la tige qui supporte l'épi femelle ou bien les spathes qui entourent cet épi.

Situation a la récolte.

Le bilan minéral que l'on peut dresser à la récolte est important parce qu'il indique l'état final de la répartition des minéraux et permet de connaître ce que la plante emporte du sol.

Nous trouvons en moyenne dans chaque pied de maïs à la récolte une quantité de 1 950 milligrammes d'azote, 370 milligrammes de phosphore, 1 250 milligrammes de potassium, 130 milligrammes de sodium, 540 milligrammes de calcium et 335 milligrammes de magnésium.

Nous aurons une plus juste idée des proportions respectives de ces quatre cations si, au lieu de milligrammes, nous parlons de milli-équivalents. Dans un pied de maïs à la récolte se trouvent 32 milli-équivalents de potassium, 5,6 méq de sodium, 27 méq de calcium et 27,5 méq de magnésium. Mis à part le sodium de cinq fois inférieur, nous sommes surpris de découvrir une telle similitude entre le potassium, le calcium et le magnésium et nous serions tentés de les supposer intimement solidaires les uns des autres. Cette solidarité devient plus douteuse lorsque nous considérons la répartition de ces éléments dans le pied de maïs.

Au moment de la récolte, le poids sec total d'un pied de maïs se répartit ainsi : 48 p. 100 en grains, 10 p. 100 en rafle, 18 p. 100 en tige, 17,5 p. 100 en feuilles dont 6,5 p. 100 en gaines et 11 p. 100 en limbes, 6,5 p. 100 enfin pour l'épi mâle et les parties accessoires de l'épi femelle.

Considérons chacun des éléments étudiés et voyons s'il se répartit dans la plante d'une manière uniforme qui ferait coïncider ses pourcentages avec ceux du poids sec.

Dans les grains mûrs, nous trouvons 76 p. 100 de l'ensemble du phosphore, 64,5 p. 100 de l'azote, 43 p. 100 du magnésium, 31 p. 100 du potassium, 25 p. 100 du sodium et seulement 5 p. 100 du calcium. Puisque les grains mûrs représentent 48 p. 100 du poids sec total, il serait logique, si la répartition des éléments minéraux était régulière dans la plante d'y trouver 48 p. 100 de chacun des minéraux : le phosphore et l'azote dépassent largement ces proportions tandis que le potassium, le sodium et surtout le calcium sont largement au-dessous.

La situation est tout à fait différente dans la tige. Nous y trouvons 45 p. 100 du potassium, 42 p. 100 du sodium, 22 p. 100 du calcium, 18 p. 100 du magnésium, 12 p. 100 du phosphore et 6 p. 100 de l'azote. Puisque la tige représente 18 p. 100 du poids sec total, nous remarquons l'abondance du potassium et du sodium, l'appauvrissement en phosphore et en azote.

Dans les feuilles, que la récolte trouve plus ou moins sèches, la situation est assez différente dans les limbes et les gaines. Les limbes avec 11 p. 100 du poids total recèlent encore 48 p. 100 du calcium; 15 p. 100 du magnésium; 12 p. 100 du sodium; 9,2 p. 100 de l'azote; 5,6 p. 100 du potassium et 4,4 p. 100 du phosphore. Les gaines de leur côté, avec 6,5 p. 100 du poids total recèlent 16 p. 100 du calcium; 13 p. 100 du magnésium; 6,4 p. 100 du sodium; 4 p. 100 du potassium; 2,2 p. 100 d'azote et 1,4 p. 100 du phosphore.

La partie la plus pauvre en tous ces éléments est la rafle qui porte les grains et forme l'axe de l'épi : elle représente 10 p. 100 du poids sec et tous les éléments que nous étudions se tiennent bien au-dessous de ce nombre. Nous y trouvons 6,7 p. 100 de potassium et 6 p. 100 de sodium; 3,9 p. 100 de l'azote et 3,6 du magnésium; 1,8 du calcium et 1,2 du phosphore.

Suivant leur répartition dans l'ensemble de la plante, les éléments que nous venons d'examiner se répartissent donc en trois groupes : les alcalins qui s'accumulent de préférence dans la tige et la rafle, les alcalino-terreux qui restent dans les feuilles, le calcium surtout, si bien localisé dans les limbes, et le groupe de l'azote et du phosphore localisé surtout dans les grains.

Évolution de cette répartition au cours de la croissance

Après avoir considéré la situation finale, il est intéressant de rechercher comment cette disposition se réalise et les états antérieurs par lesquels passe la plante.

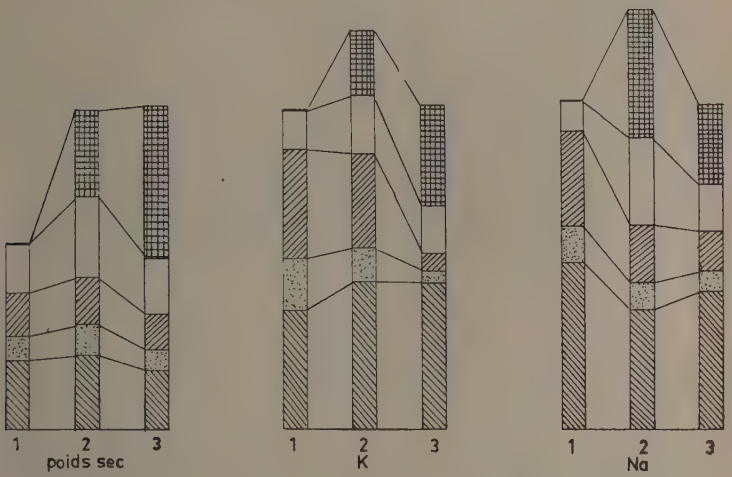
Nous essaierons de saisir les grandes lignes de cette évolution en prenant deux autres points de repère. Le premier sera le début de l'épiaison : la période végétative est sur le point de s'achever et l'ensemble de la tige et des feuilles atteint son maximum de développement tandis que l'épi femelle commence le sien et que l'épi mâle émerge au-dessus de la plus haute feuille. Le deuxième se situe quatre semaines après : la période de la floraison vient de s'achever, les grains déjà formés n'ont plus qu'à grossir et commencent leur maturité laiteuse; la récolte aura lieu cinq semaines plus tard.

A ces trois époques, nous allons considérer la répartition des différents éléments dans les divers organes du maïs : chaque nombre représente une moyenne obtenue à partir d'assez nombreux dosages.

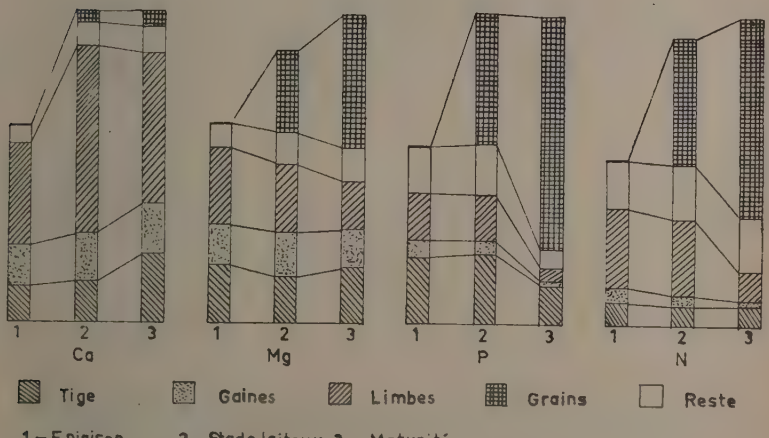
TABLEAU

		Poids de matière sèche en g	Poids total moyen en mg					
			K	Na	Ca	Mg	P	N
Ensemble du pied	Stade 1. . .	125	1 240	132	340	214	212	1 042
	— 2. . .	115	1 540	170	540	295	375	1 850
	— 3. . .	220	1 250	130	540	335	370	1 950
Tige	Stade 1. . .	47	460	67	60	64	80	152
	— 2. . .	52	570	47	71	50	85	127
	— 3. . .	39	560	55	120	61	45	117
Gaine	Stade 1. . .	19	200	14	72	43	20	86
	— 2. . .	18	125	12	83	49	15	64
	— 3. . .	14	51	8,3	87	43	5,1	44
Limbes	Stade 1. . .	30	430	39	177	82,5	56	504
	— 2. . .	33	370	22,5	325	73	56	480
	— 3. . .	25	70	15,5	260	50	16,5	180
Hampe	Stade 1. . .	1,4	13	3	1,8	2,6	3,4	14
	— 2. . .	3,2	29	1,5	1,6	2,5	4	20
	— 3. . .	0,9	22	1,6	1,6	1,4	1,4	5,2
Spathes	Stade 1. . .	10	64	18	10,5	14	25,5	74
	— 2. . .	21	58	12,5	12	21	22	102
	— 3. . .	11	24	5	17	14	3,7	36
Rafles	Stade 1 (grains)	5	61	9	5,5	13,5	19	109
	— 2. . .	27	90	13,6	7,5	16	21	150
	— 3. . .	22	84	8	10	12	4,5	75
Grains	— 2. . .	56	260	53	19	89	160	830
	— 3. . .	105	390	32	27	145	280	1 260

A partir de ces chiffres, des graphiques ont été tracés qui donnent une idée de l'époque de pénétration de chaque élément et de ses migrations à l'intérieur de la plante. En abscisse, nous avons placé les trois périodes de dosage, en ordonnée, les quantités. Pour que ces graphiques soient comparables et pour que soit plus visible l'évolution vis-à-vis du point final, représenté par le poids total de chaque élément au moment de la récolte, nous avons fait varier l'échelle des ordonnées pour que ce point final se situe toujours à la même hauteur.



Evolution du poids sec et des minéraux dans les différentes parties du Maïs



Les métaux alcalins ont en commun d'être aussi abondants dans le maïs, dès avant la floraison qu'ils le seront à la maturité. Cette quantité croît encore, mais cette augmentation n'est que provisoire et la plante en mûrissant perdra toutes ces nouvelles acquisitions. Il est probable que cette perte provient du lessivage par la pluie des produits d'exsudation des feuilles. Les deux métaux alcalins se comportent d'une manière à peu près identique dans la tige et la rafle, mais ils se différencient par leur comportement dans les grains et les feuilles : dans les limbes par exemple, au cours de la maturation, le sodium perd la moitié de sa quantité, tandis que le potassium en perd les 5/6.

Les alcalino-terreux ont des variations similaires. Leur répartition au moment de l'épiaison, ainsi que leur quantité totale par rapport au terme final est presque identique, mais la pénétration du calcium est plus précoce et se termine vers le début de la maturation, tandis que celle du magnésium est plus régulière et se poursuit jusqu'à la fin. Un autre point, déjà noté ci-dessus, est la prédilection de ces éléments pour les feuilles, du calcium pour les limbes, du magnésium pour les gaines. Vis-à-vis des grains cependant, leur comportement est très différent : près de la moitié du magnésium s'y transporte, tandis qu'on n'y trouve qu'un vingtième du calcium. Les répercussions de cette différence sont diverses : les limbes des feuilles se vident légèrement pendant la maturité, au profit des grains pour le magnésium, au profit de la tige pour le calcium, mais surtout, le magnésium continue sa pénétration dans la plante pendant la maturation; le calcium ne pénètre pas parce que la plante ne l'utilise plus.

Les graphiques du phosphore et de l'azote sont assez semblables. Leur principale différence vient de ce que l'azote migre plus tôt vers les grains en formation, tandis que la migration du phosphore est plus tardive, mais aussi plus complète, dans la mesure où elle peut se faire, comme nous le verrons dans la note suivante. L'azote est plus stable et ceci ne doit pas nous surprendre puisqu'il s'agit de l'azote organique qui constitue les protides et qui, plus encore que le phosphore entre dans la structure de la plante.

Pour tirer des conclusions nettes et définitives, beaucoup d'autres analyses devront être réalisées. Nous pouvons cependant souligner le fait que les alcalins varient la plupart du temps ensemble et ne semblent donc pas pouvoir être considérés comme complémentaires l'un de l'autre : l'abondance de l'un n'entraîne pas la baisse de l'autre. Il n'en est pas tout à fait de même pour les alcalino-terreux, en particulier dans les grains si riches en magnésium et si pauvres en calcium.

Le résultat le plus net de ces analyses est de montrer pour le maïs cette curieuse affinité des alcalino-terreux pour les feuilles et des alcalins pour la tige.

***

INFLUENCE D'UNE FOURNITURE PLUS OU MOINS ABONDANTE D'ENGRAIS AZOTÉS SUR LA PÉNÉTRATION ET LA MIGRATION DES ÉLÉMENTS MINÉRAUX CHEZ LE MAÏS

par **MM. J. Carles, L. Soubiès** et **R. Gadet**

(*Note présentée par* **M. Chouard**)

Après une vue d'ensemble sur la pénétration et la répartition des différents éléments minéraux dans le pied de maïs (1), nous voudrions montrer la souplesse de cette distribution et comment la plante réagit

à un excès ou à une baisse de croissance provoquée par une fourniture variée d'engrais azotés.

Des travaux antérieurs ont souligné l'influence prépondérante de la fourniture azotée sur le développement et la croissance des céréales (2). L'azote pénètre très facilement et très vite dans la plante et se porte tout de suite vers les organes où la croissance est la plus active, vidant ainsi les endroits où se fait la pénétration; il s'ensuit une absence de freinage à l'entrée qui permet à l'azote de pénétrer plus vite que les autres éléments. En se portant dans les parties en train de croître, l'azote favorise cette croissance car il est utilisé dans la construction des tissus, et il l'excite en facilitant la formation de la chlorophylle. On pourrait dire qu'il exerce un rôle de pionnier vis-à-vis des autres éléments en les précédant, en préparant le terrain.

Dans le blé, existe pour l'azote l'équilibre de tallage (3), équilibre rendu possible par le fait que la croissance dépend étroitement de l'azote disponible. Quelle que soit son abondance, à condition bien entendu de rester dans les limites naturelles ou du moins pas trop excessives, l'azote n'augmente pas son taux dans les pieds en croissance mais se dilue à mesure car la plante augmente son volume et le nombre de ses brins, jusqu'au moment où le taux normal est retrouvé. Chaque espèce de blé a pour chacun de ses organes son taux d'azote plus ou moins strict, un taux normal qu'elle finit par retrouver, et le maintien de ce taux témoigne de la santé de la plante.

L'équilibre azoté du maïs

Cet équilibre est moins précis que celui du blé et ceci provient de la croissance beaucoup plus rapide du maïs et du fait qu'il n'a pas à sa disposition, pour maintenir son taux, la possibilité du tallage. Si l'azote est abondant, les variations seront plus grandes dans le maïs que dans le blé, le taux normal moins étroitement circonscrit et le retour à l'optimum plus lent à se faire; il se fera tout de même et le volume du pied de maïs augmentera dans la proportion voulue, tant et si bien qu'à la maturité le taux d'azote sera pratiquement le même dans les pieds les mieux pourvus ou les moins bien pourvus en engrais azotés.

Sur la même terre que les expériences précédentes (1), formée par des alluvions de la basse vallée de la Garonne et composée de 23 p. 100 d'argile, 22 p. 100 de limon, 43 p. 100 de sable fin et 6 p. 100 de sable grossier, nous avons cultivé du maïs hybride Iowa 4 417. Cette terre contient, pour 1 000 parties : 3 de chaux échangeable, 0,2 de magnésie échangeable et 0,03 de sodium. Elle a été convenablement approvisionnée en engrais potassique et phosphoré; seul variait l'engrais azoté.

A côté de la quantité qui nous a paru la meilleure pour l'équilibre de la plante (80 kg/ha), nous avons fait d'autres cultures avec une quantité double (160 kg/ha), avec une quantité moitié moindre (40 kg/ha) et sans engrais azotés.

Le poids moyen du pied à la récolte était de 57 grammes pour la terre sans engrais azoté (I), 170 grammes pour la parcelle à 40 kilogrammes por hectare (II), 230 grammes pour la parcelle à 80 kilogrammes par hectare (III) et 300 grammes pour la parcelle à 160 kilogrammes par hectare (IV). L'augmentation de la récolte et par conséquent la croissance est donc proportionnée sinon proportionnelle à la quantité d'engrais azoté fourni.

Cette dépendance nous fait entrevoir un équilibre azoté dont témoigne d'ailleurs le limbe des feuilles.

Le taux moyen d'azote est d'abord nettement plus élevé pour les limbes des pieds mieux pourvus d'azote et cependant l'équilibre tend à s'établir et les différences vont s'atténuant.

Dès le début de l'épiaison, cet équilibre est cependant visible comme

le prouvent des analyses détaillées. Considérons en effet le taux d'azote p. 100 du poids sec dans le bas du limbe de 4 feuilles régulièrement réparties le long de la tige :

	Pied I	II	III	IV
Feuille du haut.	1,1	1,2	1,25	1,25
Feuille intermédiaire. . . .	0,82	0,85	1,2	1,2
Feuille d'épi femelle.	0,56	0,68	1,2	1,35
Feuille du bas.	0,54	0,86	1,1	1,2

Le taux d'azote augmente légèrement de la base au sommet du pied de maïs et le pied III nous semble représenter pour cette période la situation la plus saine. Le pied IV témoigne d'une surcharge qui fait disparaître le gradient négatif du haut vers le bas. Pour la feuille supérieure, le pied II arrive au taux normal que le pied I ne parvient pas tout à fait à atteindre, mais la baisse est nette pour les feuilles inférieures, baisse d'un quart pour II, d'une moitié pour I.

Il est intéressant de noter à ce propos combien serait peu significative de la richesse ou des besoins en azote l'analyse de la plus haute feuille par suite de cet équilibre azoté du maïs qui maintient aussi longtemps que possible son taux normal dans les points importants. Il n'en est pas de même de la feuille de l'épi femelle ou des feuilles du bas qui peuvent permettre le diagnostic foliaire (4).

Influence de l'azote sur la pénétration des éléments minéraux

Pour juger de l'influence des engrais azotés et de la croissance sur l'abondance des autres éléments minéraux, nous allons construire un graphique dans lequel nous placerons en ordonnée les accroissements pondéraux et en abscisses les différents taux d'engrais azotés fournis. La courbe des poids secs de l'ensemble du pied s'élève d'une manière très régulière de 58 grammes à 170, à 230 et à 300.

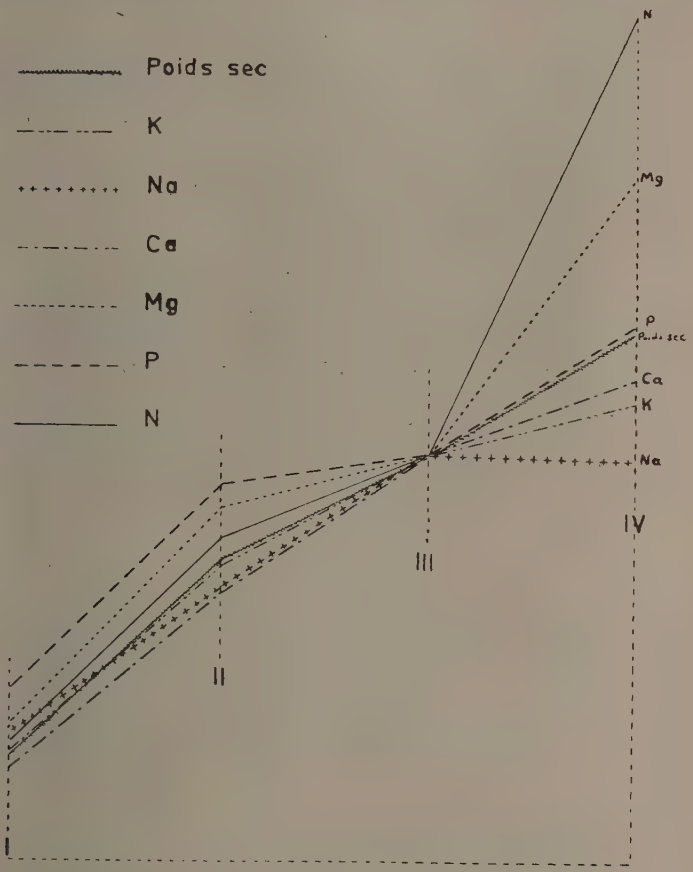
Essayons de superposer les courbes des autres éléments en les faisant toutes passer par le point où la fumure nous semble le plus équilibrée, soit 80 kilogrammes par hectare, le III. Si, pour les quantités supérieures ou inférieures d'engrais, la minéralisation est exactement la même, les courbes se superposeront à celle du poids sec puisqu'elles croissent en même temps que lui. Si la minéralisation est relativement plus grande que pour le pied III, la courbe se situera au-dessus de celle du poids sec, au-dessous si la minéralisation est moins grande. Si l'augmentation du poids sec n'a pas d'influence sur la pénétration d'un élément, la quantité de cet élément ne variera pas et sa courbe sera une droite horizontale.

Puisque seul varie l'azote et que les autres éléments sont identiques dans le sol pour toutes nos cultures, on pourrait se demander à première vue si la dernière hypothèse ne va pas se réaliser. Il en serait évidemment ainsi si la plante s'accommodait de n'importe quel taux, si elle était indifférente à tel ou tel élément : il n'en est rien et nous sommes en droit de supposer que pour tous les éléments étudiés existe un taux normal, un taux minimal au-dessous duquel la croissance de la plante serait gênée, un taux maximal au-dessus duquel la gêne réapparaîtrait; ces deux taux peuvent d'ailleurs être plus ou moins distants l'un de l'autre suivant l'utilité ou l'importance de cet élément.

Un simple coup d'œil montre, au moins pour la partie inférieure du tableau, un groupement plus étroit que celui que nous étions en droit d'attendre. Pour la partie supérieure, les écarts deviennent beaucoup plus importants et l'azote par exemple double alors que le sodium n'augmente pas.

Il est intéressant de constater que pour les pieds I, II et III le maïs

parvient à maintenir ses taux minéraux dans d'assez étroites limites et nous pouvons augurer de là sa bonne santé capable de maintenir un excellent équilibre des divers éléments; pour le pied IV l'équilibre de l'azote trop abondant n'est plus maintenu, le sodium ne pénètre plus,



Augmentation du poids sec et des minéraux suivant la quantité d Azote fourni

le potassium pénètre moins vite et le magnésium semblerait compenser la baisse des alcalins.

Ces courbes nous montrent encore que la pénétration des divers éléments dépend directement de la croissance et non pas de l'azote si ce n'est dans la mesure où la croissance dépend de l'azote. Et nous constatons que, sur un même terrain, le pied de maïs que l'engrais azoté a fait quatre

fois plus volumineux absorbe environ quatre fois plus de potassium, de calcium, etc.

Si nous considérons maintenant la quantité de grains récoltée, nous la voyons varier dans des proportions considérables et passer pour un pied de 21 grammes à 73, à 112 et à 160 grammes, soit en pourcentage de l'ensemble du pied de 37 p. 100, à 43, à 47 et à 54 p. 100 du poids sec. En face d'une si grande variation, que vont devenir les taux?

Les pourcentages du calcium et du potassium ne bougent pas et leurs poids varient exactement dans les mêmes proportions que le poids sec. Le phosphore et le magnésium, beaucoup plus abondants dans les grains, voient leur taux baisser légèrement, le phosphore en particulier et cette baisse nous suggère un freinage possible. Un élément tout à fait aberrant est le sodium dont le taux est de beaucoup le plus élevé pour les grains dont nous avons tout droit de supposer qu'ils représentent le meilleur équilibre; le magnésium varie dans le sens inverse et l'on démontrera peut-être un jour que le sodium peut céder en partie sa place au magnésium dans un milieu déséquilibré.

Les variations de l'azote dans les grains sont assez surprenantes à première vue; il abonde dans les pieds qui manquent d'azote et surabonde à nouveau quand ils en ont trop. Les taux de phosphore sont plus réguliers que ceux de l'azote, et cependant, si nous considérons, non plus les taux mais la proportion localisée dans les grains, l'azote se révèle plus régulier que le phosphore. 41 p. 100 du phosphore total va dans les grains du pied le moins développé tandis qu'il en va 90 p. 100 dans le pied le plus développé; pour l'azote, cette proportion ne varie que de 60 à 77 p. 100. Les variations de ce pourcentage entre le pied le plus pauvre et le plus riche en azote est de 100 à 128 p. 100, tandis que pour le phosphore elle est de 100 à 220 p. 100. Il existerait un équilibre du phosphore pour les seuls grains de maïs dont le taux serait atteint aux dépens de toute la plante, tandis que pour l'azote l'équilibre est général.

Les migrations minérales

Les grains de maïs se développent à une période où la croissance est pratiquement terminée pour la partie végétative et c'est à partir de l'ensemble du pied qu'ils se construisent et s'approvisionnent. Or, la quantité de grains augmente avec l'abondance d'engrais azoté, non seulement en quantité absolue, mais en quantité relative puisque les grains représentent 34 p. 100 et 54 p. 100 du poids sec total pour I et pour IV. Le problème de la migration va donc se poser : il n'intéresse guère le calcium, le sodium ou même le potassium relativement peu abondants dans les grains, mais il se pose pour le magnésium, l'azote et surtout le phosphore. Nous allons étudier le problème pour le seul phosphore.

Dès que le grain commence à se former, il contient un taux de phosphore assez voisin de 0,3 p. 100 du poids sec. Ce taux va se maintenir assez constant malgré la croissance rapide des grains grâce à un drainage intensif qui s'étend à toute la plante.

A l'épiaison, les limbes de maïs contenaient environ 56 milligrammes de phosphore, les gaines 20 et la tige 80, soit au total 156 milligrammes. A la maturité, cet ensemble n'en contient plus que 66,5 mg qui se répartissent ainsi : 16,5 pour les limbes, 5 pour les gaines et 45 pour la tige, tandis que les grains en contiennent 280 milligrammes.

De ces chiffres moyens rapprochons les chiffres du pied I qui passe entre ces deux périodes de 138 à 72 milligrammes avec 62 milligrammes dans les grains et ceux du pied IV qui passe de 157 à 24 milligrammes avec 413 milligrammes dans les grains : au phosphore du drainage vient s'ajouter celui qui a pénétré dans la plante après l'épiaison.

Considérons ici les effets du drainage. A l'épiaison, la teneur moyenne

du phosphore se maintient dans tous les limbes aux alentours de 190 milligrammes pour 100 grammes de poids sec. Le drainage vers l'épi femelle se fait bientôt sentir, mais il n'affecte d'abord que le limbe de la feuille de l'épi femelle. On dirait une dépression creusée soudain et qui va se combler lentement, le phosphore se mettant en marche vers les jeunes grains à partir du sommet des limbes. Pour l'azote, nous n'observons rien de tel et le drainage fait baisser en même temps les taux de toute la plante, mais d'une manière si générale que la lente progression des taux d'azote depuis la base jusqu'au sommet n'est en rien affectée par le début de la migration vers les grains. Quelques dosages vont nous montrer cette différence. En considérant la deuxième feuille au-dessous de l'épi, la feuille de l'épi, la troisième feuille au-dessus de l'épi et la plus haute feuille nous voyons les taux d'azote s'élever progressivement de 1,5 à 1,55, à 1,6 et à 1,8 p. 100 du poids sec, tandis que les taux de phosphore sont de 0,2, 0,085, 0,2 et 0,4. Dans la plante mûre, les limbes presque secs avec à peine 10 p. 100 d'eau au lieu de 68 p. 100 se sont en majeure partie vidés de phosphore et le taux moyen de ces 4 feuilles est devenu, en remontant de la plus basse jusqu'à la plus haute 0,105, 0,075, 0,08 et 0,04.

Pour observer la migration et juger de sa facilité, les organes les plus intéressants sont la tige, la rafle et les grains qu'elle porte : tout le phosphore des grains provient nécessairement de la tige et leur arrive en passant à travers la rafle. Si la migration est facile, la différence sera faible entre la rafle et le point le plus éloigné de la tige, tandis que si la migration est difficile, la rafle où puisent les grains sera très pauvre avant que soit parvenu le phosphore lointain qui se mobilisera lentement. En d'autres termes, le gradient sera d'autant plus fort que la migration sera plus difficile.

Entre les pieds pauvres en azote et ceux qui en sont surabondamment pourvus, de grandes différences existent : le phosphore migre d'autant mieux que la croissance est plus rapide et plus importante.

La différence de migration apparaît dès l'épiaison, et la teneur de la tige en phosphore est deux fois plus faible dans les pieds riches en azote; au stade grain laiteux, il va l'être trois fois plus et le sera trente fois plus à maturité.

L'abondance d'azote introduit donc dans la tige de maïs une énorme différence, sans que nous puissions dire si elle provient de la forme plus facilement mobilisable sous laquelle se trouve le phosphore ou tout simplement du besoin plus intense des grains.

Les rafles sont beaucoup moins diverses et leur teneur en phosphore au lieu de tomber de 576 à 13 tombe seulement de 64 à 14.

La teneur des grains est en revanche presque identique, admettant seulement une variation de 18 p. 100; encore cette variation est-elle en dessous pour les pieds riches en azote, et nous pouvons nous poser la question de savoir si dans notre expérience le phosphore n'a pas été un facteur limitant de la production, les grains trop abondants ne pouvant plus se construire par suite du déficit d'un de leurs constituants essentiels. Et pourtant, un drainage intensif a vidé tout le pied de maïs à tel point que 90 p. 100 du phosphore sont localisés dans les grains, alors qu'on n'y en trouve, pour les pieds pauvres en azote que 40 p. 100.

Ces différences apparaissent dans le tableau où nous indiquons le taux moyen de phosphore en même temps que le poids sec moyen des organes intéressés aux trois stades choisis pour l'analyse, épiaison, stade laiteux et maturité (pour les rafles et les grains, nous donnons ces nombres pour la seule maturité). Seuls sont homogènes les taux de phosphore des limbes des feuilles à l'épiaison et celui des grains mûrs.

Pour mettre en évidence les différences dans les migrations, nous avons construit un graphique où sont notés en ordonnées les pourcentages du total représentés par les divers organes. Au début de l'épiaison les limbes avec la tige représentent presque toute la plante, mais leur pro-

TABLEAU I

Poids de matière sèche en grammes

Traitements		1	2	3	4
Ensemble du pied	Stade 1	71	108	157	137
	— 2	74	181	228	271
	— 3	58	171	236	301
Tige	Stade 1	28,5	43	61,6	48,3
	— 2	21	48,3	64,6	51,2
	— 3	9,4	40,4	45,0	37,2
Gaines	Stade 1	13,6	16,5	23,7	22
	— 2	8,9	15,0	16,3	22
	— 3	4,4	12,0	15,7	17,6
Limbes	Stade 1	21	26	35,6	36
	— 2	17,4	28,3	32,4	36,7
	— 3	11,3	20,4	25,7	30,1
Rafle	Stade 3	5,8	14,8	23,4	31,1
Grains	Stade 3	21,0	73,0	112	162

TABLEAU II

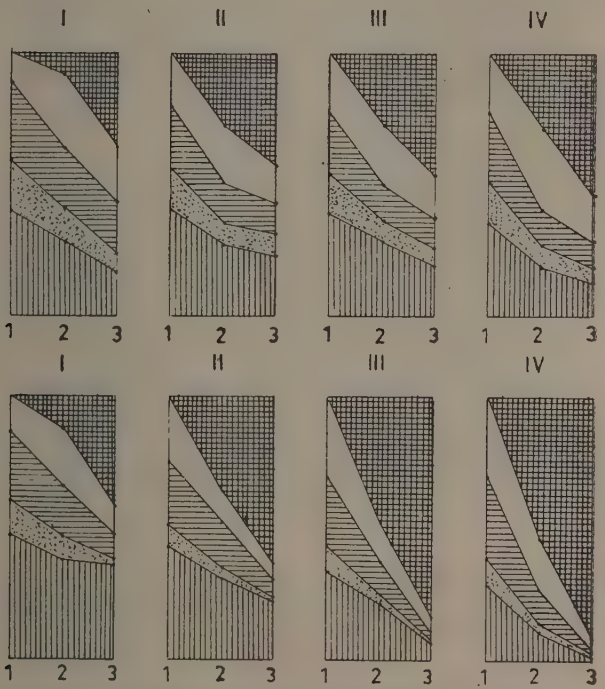
Phosphore

Traitements		1	2	3	4
Poids total présent en g					
Pour l'ensemble du pied	Stade 1.	0,160	0,200	0,265	0,225
	— 2.	0,180	0,350	0,360	0,475
	— 3.	0,150	0,325	0,350	0,460
Taux moyens en mg pour 100 g de matière sèche					
Tige	Stade 1.	264	200	146	137
	— 2.	325	228	121	98
	— 3.	576	177	58	13
Gaines	Stade 1.	155	98	98	95
	— 2.	181	78	66	82
	— 3.	79	43	28	27
Limbes	Stade 1.	198	182	188	194
	— 2.	194	215	150	171
	— 3.	125	105	41	46
Rafle	Stade 3.	64	25	18	14
Grains	Stade 3.	293	282	262	255

portion diminue tandis qu'augmentent les grains. Cette augmentation des grains en pourcentage est visible pour le poids sec; il est frappant pour le phosphore dont la tige se vide de plus en plus.

En conclusion, il apparaît que la pénétration des éléments dans le maïs dépend de la croissance et que, toutes conditions égales d'ailleurs, ils pénètrent d'autant plus que le poids sec augmente davantage. Cette croissance dépend de la quantité d'azote trouvée dans le sol par la plante, car cet élément pénètre très vite et il est capable de provoquer la croissance pour maintenir son équilibre; l'influence des autres éléments est plus tardive, mais leur importance est grande dans la mesure où ils peuvent devenir facteurs limitants, s'ils ne pénètrent pas en assez grande abondance pour assurer leur taux minimum.

1. Evolution de la proportion du poids sec pour les differentes parties du maïs depuis l'épiaison jusqu'à la maturité



2. Migration du Phosphore depuis l'épiaison jusqu'à la Maturité

Tige Gaines Limbes

Grains Reste

1 = Epiaison 2 = Stade laiteux 3 = Maturité

Le phosphore fournit un bon exemple de ce mécanisme : il pénètre d'autant plus dans la plante et il est d'autant mieux drainé vers les grains que la croissance est plus active. Cependant, si le sol n'est pas assez riche pour satisfaire à cet intense besoin, l'utilisation et le drainage auront beau se faire parfaitement, le développement de la plante et des grains sera gêné ou même limité par le déficit du phosphore. Il semble donc que l'abondance d'azote puisse faire apparaître un besoin de phosphore qui limitera la production des grains s'il n'est pas satisfait.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) Note précédente.

(2) Carles (J.), Soubiès (L.), Gadet (R.) et Maury (P.). — L'équilibre protidique du blé. *C. R. Ac. Sc.*, 7 juillet 1952, **235**, 80. Carles (J.), Soubiès (L.) et Gadet (R.). — Sur la physiologie normale du blé et sa réaction à la fertilisation azotée. *C. R. Ac. Agr.*, 7 avril 1954. La nutrition azotée de l'épi de maïs. *C. R. Ac. Sc.*, 6 janvier 1956, **242**, 808, etc.

(3) Carles (J.), Soubiès (L.) et Gadet (R.). — L'équilibre de tallage du blé. *C. R. Ac. Sc.*, 21 décembre 1953, **237**, 1758.

(4) Dulac (J.). — Relations entre la teneur en azote de la feuille de l'épi, le rendement-hectare, le rendement par pied et la densité chez le maïs. *C. R. Ac. Agr.*, 22 juin 1955.

M. Ferrand. — Je voudrais rappeler qu'il faut faire sans doute entre les éléments certaines distinctions : il y a des éléments liés dans leur migration; il y en a d'autres qui le sont moins ou pas du tout.

L'azote et le phosphore sont en corrélation positive, nous le savons. Quand une plante est carencée en azote et qu'elle est en même temps carencée en phosphore, il faut savoir la carence la plus importante des deux parce que, lorsqu'on comble la carence la plus importante, on voit très souvent l'autre se combler d'elle-même plus ou moins complètement.

Il y a un point intéressant à souligner : pendant que la masse du végétal augmente, tous les éléments augmentent, mais à partir du moment où la croissance est terminée et qu'il s'agit de l'entretien du fonctionnement physiologique, les liaisons positives ou antagonistes apparaissent nettement, par exemple l'antagonisme du potassium et du magnésium.

Il faut faire une distinction entre la culture dans le milieu complet, étudié pour qu'il soit parfaitement équilibré et la physiologie de la plante en milieux carencés, qui permettent souvent certaines observations, plus difficiles à faire en milieux complets.

L'UTILISATION DES COMPLEXONS DANS L'ANALYSE DES VINS (II)

par **G. de Bettignies,** *Conseiller Technique de l'I. N. A. O.*

(*Note présentée par* **M. Lemoigne**)

Dans une note précédente (1) j'ai signalé la possibilité de doser rapidement le fer dans les vins blancs par l'emploi d'une solution titrée du sel disodique de l'acide éthylène-diamine-tétra-acétique (E. D. T. A.) en présence de l'acide 7-iodo-8-hydroxy-quinoléine-5-sulfonique ou Ferron comme indicateur.

Dans le cas de liquides colorés tels les vins rosés ou rouges, le ferron ne permet pas de voir la fin de la formation du complexe : Fer-E. D. T. A.

Il en est de même des indicateurs conseillés par Schwarzenbach (sel disodique de l'acide pyrocatéchol 3-5 disulfonique et l'acide sulfosalicylique).

On sait depuis longtemps que l'éther sulfurique a la propriété d'extraire la coloration rouge obtenue par addition d'une solution de sulfocyanure d'ammonium en présence de sels ferriques en milieu acide. De plus l'éther n'extrait pas la matière colorante du vin rouge.

Ribereau-Gayon (2) a utilisé ces propriétés pour établir une méthode de dosage colorimétrique du fer dans les vins rouges.

J'ai voulu voir si la coloration caractéristique du sulfocyanure ferrique pouvait servir de virage en complexométrie. Dans ce but j'ai effectué des dosages comparatifs avec une solution d'E. D. T. A. sur des solutions de chlorure ferrique de titres divers en utilisant le sulfocyanure d'ammonium en milieu légèrement acide et les autres indicateurs connus.

Solution	Sulfocyanure d'ammonium	Ferron	Acide sulfosalicylique
	Nombre de cm³	d'E. D. T. A.	utilisé
N° 1	6,6 faible	6,5	6,6
N° 2	5,0	5 faible	5,1
N° 3	3,8	3,8	3,9

Les résultats obtenus rapportés ci-dessus montrent que le sulfocyanure ferrique, du moins sous certaines conditions qui seront précisées plus loin, peut servir d'indicateur de virage pour un titrage complexométrique du fer.

Parmi les points à préciser, il y a lieu d'étudier le choix de l'acide, l'acidité du milieu, l'influence de l'oxydant sur le virage du sulfocyanure ferrique.

Choix de l'acide

Dans le choix de l'acide à utiliser pour acidifier le milieu, Wood et Mellon (4), Peters et French (5), qui étudièrent la détermination colorimétrique du fer par le sulfocyanure, conseillent l'emploi de l'acide nitrique.

Pour des concentrations égales d'acides l'échelle d'intensité de la coloration obtenue se situe, d'après ces auteurs, dans l'ordre décroissant :

$$NO_3H > ClH \text{ et très loin derrière } SO_4H_2$$

Dans le cas du dosage complexométrique du fer, il y aura intérêt à utiliser l'acide nitrique puisque pour une même coloration, il sera possible d'avoir un milieu moins acide.

Acidité du milieu

Ce facteur semble *a priori* très important. Il est en effet logique de penser qu'à partir d'une certaine acidité, le complexe deviendra « imparfait » et les ions métalliques ne seront plus entièrement dissimulés par la proportion habituelle d'E. D. T. A. (une molécule de ce corps par atome de métal).

Pour vérifier cette hypothèse, des prises d'essai de 50 centimètres cubes d'une solution ferrique contenant 14 milligrammes de fer par litre

furent additionnées de doses variables d'acide chlorhydrique, puis additionnées d'une même quantité de sulfocyanure d'ammonium.

La décoloration stable fut obtenue par l'addition de doses variables d'E. D. T. A. indiquées ci-dessous.

Volume en cm³ d'acide chlorhydrique N/10 ajouté a la prise d'essai	Volume en cm³ d'E. D. T. A. mis pour obtenir la décoloration du sulfocyanure ferrique	Fer en mg/l correspondant au volume de la solution d'E. D. T.A. mis
1	5	10
4	7	14
5	7	14
10	7,5	15
15	7,5	15
25	13	26

On voit tout de suite l'influence de l'acidité, et il est indispensable de préciser l'acidité minimum exigée pour l'obtention même faible de la coloration du sulfocyanure ferrique d'une part, les conditions de stabilité du complexe en fonction de l'acidité du milieu d'autre part.

Charlot et Beziers (3) indiquent que les dosages colorimétriques du fer par le sulfocyanure peuvent se faire en milieu chlorhydrique de concentration 0,1 N à N ou en milieu nitrique de concentration 0,05 N à 0,8 N.

Sur une prise d'essai de 50 centimètres cubes de muscadet dont l'acidité totale était de 76 milliéquivalents, j'ai ajouté successivement 0,5 cm³ d'acide nitrique N, 4 gouttes d'eau oxygénée à 10 volumes, 10 centimètres cubes d'une solution de sulfocyanure d'ammonium à 5 p. 100 et 20 centimètres cubes d'éther sulfurique. Après agitation, la couche éthérée surnageante était incolore. En portant à 1 centimètre cube la teneur en acide nitrique N, la coloration rouge était très marquée.

Le dosage du fer sur ce muscadet par la solution titrée d'E. D. T. A., effectué comparativement en utilisant l'extraction éthérée de la coloration du sulfocyanure ferrique et le ferron comme indicateurs, a donné les valeurs suivantes :

En présence de :	Sulfocyanure ferrique	Ferron
Teneur en fer en mg/l . .	7	6

Sur des vins rouges d'Algérie et du Maroc, dont l'acidité totale était de 70 milliéquivalents, la proportion d'acide nitrique N exigée pour obtenir une coloration très marquée de la couche éthérée a dû être portée à 2 centimètres cubes pour une prise d'essai de 50 centimètres cubes.

Sur un échantillon de gros plant dont l'acidité totale était de 186 milliéquivalents, la fidélité des résultats fut constatée par l'addition d'une teneur en acide nitrique N comprise entre 1 centimètre cube et 2,5 cm³ pour les 50 centimètres cubes de vin.

Avec 3 centimètres cubes d'acide nitrique N, la valeur obtenue est légèrement trop forte.

Sur un vin rouge d'hybrides ayant une acidité de 120 milliéquivalents

la constance des résultats était obtenue par l'addition d'acide nitrique N dans les proportions comprises entre 1,5 cm³ et 2,1 cm³.

Les pH correspondants à ces mélanges limites étaient :

		pH
50 cm³ Muscadet	+ 1 cm³ NO_3H N.	2,6
50 cm³ Algérie	+ 2 cm³ NO_3H N.	2,6
50 cm³ Maroc	+ 2 cm³ NO_3H N.	2,6
50 cm³ Grosplant	+ 2,5 cm³ NO_3H N.	2,1
50 cm³ rouge de pays	+ 2,1 cm³ NO_3H N.	2.1

Il en résulte que la détermination complexométrique du fer dans les vins en prenant la coloration de l'extrait éthérée du sulfocyanure ferrique comme indicateur doit se faire dans la zone de pH comprise entre 2,1 et 2,6.

Pratiquement il semble que pour 50 centimètres cubes de vin il y aura lieu d'ajouter les doses suivantes d'acide nitrique N :

1 cm³ dans le cas des vins blancs;
1,5 cm³ dans le cas des vins rouges très acides;
2 cm³ dans le cas des vins rouges peu acides.

En employant ces proportions on peut être presque certain d'être dans la zone de pH requise, sans être obligé d'effectuer une détermination de pH, opération qui n'est pas à la portée de l'ensemble des négociants ou des viticulteurs.

Choix de l'oxydant

Si l'on veut comprendre dans le titrage le fer bivalent, il est nécessaire de le transformer en fer trivalent, le sulfocyanure ne réagit que sur la forme oxydée.

Wood et Mellon (4), Peters et French (5) étudiant le dosage colorimétrique du fer par l'emploi du sulfocyanure ont déjà signalé l'incidence des agents oxydants.

Les persulfates et périodates ne peuvent être utilisés, ils oxydent immédiatement le réactif et produisent une teinte jaune.

L'eau oxygénée en excès produit le même effet, mais peut convenir quand son emploi est contrôlé.

L'acide nitrique serait le plus pratique puisqu'il agit comme agent oxydant et peut fixer l'acidité du milieu.

De fait j'ai pu constater qu'en ajoutant 1,5 cm³ à 2 centimètres cubes d'eau oxygénée à 10 volumes à une prise d'essai de 50 centimètres cubes d'une solution de fer additionné de sulfocyanure, en milieu chlorhydrique, la décoloration par l'addition d'une solution d'E. D. T. A. se faisait très mal, le résultat final est une teinte jaunâtre avec un virage indéfini.

Reprenant l'idée de Wood et Mellon j'ai employé l'acide nitrique de concentration N.

Toutefois l'oxydation du fer n'est pas complète à froid en quelques instants et il m'est apparu nécessaire de renforcer l'action de l'acide nitrique par l'addition d'une très faible quantité d'eau oxygénée à 10 volumes (4 à 5 gouttes au maximum) pour une prise d'essai de 50 centimètres cubes.

Les dosages suivants effectués sur 50 centimètres cubes d'une même solution justifient ce mode opératoire.

Indicateur employé dans le titrage du fer	Quantité de fer en mg/l correspondant au volume de solution d'E. D. T. A. mis pour obtenir le virage
Ferron	23
Sulfocyanure en présence de 0,5 cm³ NO_3 HN	16
Sulfocyanure en présence de 1 cm³ NO_3 HN	17
Sulfocyanure en présence de 1 cm³ NO_3HN et 5 gouttes H_2O_2 à 10 volumes	22

Mode opératoire adopté pour doser le fer

Il a paru commode d'utiliser une solution d'E. D. T. A. d'un titre tel, que pour une prise d'essai de 50 centimètres cubes de vin par exemple, 1 centimètre cube de liqueur titrée correspond à 2 milligrammes de fer par litre.

J'ai adopté le mode opératoire suivant :

50 centimètres cubes de vin à analyser mis dans une éprouvette étroite d'environ 3 centimètres de diamètre et d'une capacité de 150 centimètres cubes à bouchage émeri, sont additionnés successivement :

— de 1 à 2 centimètres cubes d'acide nitrique N suivant l'acidité initiale du milieu, cette dose porte la concentration en acide nitrique entre 0,05 N et 0,1 N;

— 4 à 5 gouttes d'eau oxygénée à 10 volumes;

— 10 centimètres cubes d'une solution de sulfocyanure d'ammonium à 5 p. 100;

— 20 centimètres cubes d'éther sulfurique.

On agite doucement jusqu'à ce que la couche éthérée se colore par le sulfocyanure ferrique.

La solution titrée d'E. D. T. A. est ajoutée progressivement, en agitant l'ensemble du mélange après chaque addition. La fin du titrage est indiquée par la décoloration complète de la couche éthérée.

Vérification

Sur les vins, la vérification comparative de cette méthode avec celles précédemment appliquées n'a porté jusqu'ici que sur un nombre limité d'échantillons.

La concordance a toujours été satisfaisante ainsi qu'il ressort des valeurs ci-dessous.

	Teneur en fer di- et trivalent exprimée en mg/l		
	par complexométrie		par ferromètre
	en présence de sulfocyanure	en présence de ferron	
Vin blanc	21	20	
	50	47	
	23	22	
	22	20	
	7	6	
	17	14	
Vin rouge	20		18
	30		26

L'utilisation de l'acide nitrique, ne permet évidemment pas de différencier les teneurs en fer di- et trivalent; il y a une oxydation plus ou moins prononcée du fer divalent.

Les différences qui existent entre les résultats obtenus dans les dosages en prenant soit le sulfocyanure soit le ferron comme indicateur de virage sont dues aux mêmes causes que les écarts déjà signalés (6, 7, 8) entre les dosages colorimétriques réalisés en présence de sulfocyanure ou de ferrocyanure.

Conclusions

La méthode est simple et est à la portée de tous les viticulteurs ou négociants désireux de connaître la richesse en fer d'un vin rosé ou rouge.

La détermination est obtenue en quelques minutes au lieu de plusieurs heures par le ferromètre.

La complexométrie appliquée aux vins, dans la zone de pH comprise entre 2,1 et 2,6, avec l'extrait éthéré coloré du sulfocyanure ferrique comme indicateur, n'offre pas les inconvénients de la préparation particulièrement délicate de la gamme étalon du mélange sulfocyanure-ferrique - éther.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) Bettignies (G. de). — *C. R. Ac. d'Agric.*, 1956, 734.
(2) Ribéreau-Gayon (J.). — *Ann. Fals.*, 1933, 297.
(3) Charlot et Béziers. — Méthodes modernes d'analyse quantitative minérale, 2e édition, Masson, 1949, 441.
(4) Wood et Mellon. — *Ind. and Eng. Chem. Anal. Ed.*, 1941, **13**, 551.
(5) Peters et French. — *Ind. and Eng. Chem. Anal. Ed.*, 1941, **13**, 604.
(6) Ribéreau-Gayon (J.). — Contribution à l'étude des oxydations et réductions dans les vins. *Thèse de doctorat*, 1931.
(7) Ferre et Michel. — *Ann. Fals.*, 1933, 18.
(8) Ribéreau-Gayon. — *Ann. Fals.*, 1933, 224.

ERRATUM
N° 7 des C. R., année 1957

Page 378 : 4e paragraphe, 4e ligne. — La parenthèse doit être lue : (400 millions de dollars = 140 milliards de francs environ) — et non pas 14 milliards.

SÉANCE DU 29 MAI 1957

Présidence de M. Tony BALLU

LE PROBLÈME DE LA PARITÉ INTERNE DES PRIX AGRICOLES : UNE ÉTUDE SUISSE

M. Pierre Fromont. — Il s'agit d'une thèse présentée par le Dr Dettwiler, publiée par le Département fédéral de l'Économie publique de la Confédération Helvétique et préparée en grande partie avec la documentation du Secrétariat de l'Union des Paysans Suisses (1).

L'auteur définit de la façon suivante la notion qu'il étudie : « Il y a entre deux branches d'exploitation parité de prix, lorsque les prix des produits de ces branches sont entre eux dans une relation telle que ces deux branches obtiennent pour des frais de production et des rendements en nature donnés, un même rendement net pour 100 francs de capital actif. »

L'intérêt de cette notion est évident. Lorsque les Pouvoirs publics entendent donner une certaine orientation à la production et qu'ils refusent d'aller jusqu'à la planification, c'est-à-dire jusqu'à la distribution autoritaire des tâches, ils doivent compter sur les indications du marché : seules, les différences de prix qui procurent des bénéfices différentiels pourront encourager ou décourager telle ou telle production.

La comparaison des prix est manifestement insuffisante; elle doit être accompagnée de la comparaison des coûts. Au point de vue pratique, le travail essentiel consiste donc dans le calcul des frais de production. On sait combien leur détermination est délicate. Une difficulté supplémentaire s'y ajoute ici : celle de leur dispersion. Les coûts ne sont pas les mêmes dans toutes les exploitations; lesquels convient-il de retenir?

L'auteur a adopté le système des moyennes. A l'aide des données comptables fournies par le Secrétariat de l'Union des Paysans suisses, il a véritablement construit ce qu'il appelle des exploitations-types, caractéristiques chacune d'un certain groupe d'exploitations. Il a dans ce but retenu les 5 types d'exploitation suivants, parmi ceux que distingue et suit depuis un demi-siècle l'Union des Paysans suisses :

— exploitations cultivant les mélanges fourragers de la Suisse Romande;
— exploitations cultivant les mélanges fourragers de Berne;
— exploitations cultivant les mélanges fourragers du nord et du nord-est de la Suisse;
— exploitations herbagères avec quelques champs;
— exploitations herbagères alpestres.

Une comptabilité en partie double, distinguant les divers comptes de la production végétale et de la production animale, a été établie pour chacune de ces exploitations-types, dont les quatre premières ont été choisies parce que leur production est relativement diversifiée et la dernière parce qu'elle est spécialisée. Pour chaque production, il a été ainsi obtenu cinq moyennes.

Quels résultats sont apparus? Entre les différentes productions végétales, il y a parité de prix lorsque le prix du premier produit étant

(1) Landwirtschäftliches Jahrbuch der Schweiz, Heft 7, 1956.

représenté par le chiffre 1, celui du second est représenté par les chiffres suivants :

— blé d'automne et orge	de 0,96 à 1,02
— blé d'automne et avoine	de 0,87 à 1,00
— blé d'automne et colza	de 1,57 à 1,87
— blé d'automne et pommes de terre	de 0,33 à 0,37
— pommes de terre et betteraves à sucre	de 0,35 à 0,37
— pommes de terre et lait	de 1,88 à 2,09
— blé d'automne et lait	de 0,67 à 0,81

L'auteur précise que les prix ont été calculés pour marchandises prises à la ferme (pour les betteraves à sucre : marchandise chargée à la station) (les calculs ont été faits sur 100 kg de marchandise non nettoyée ni triée).

Dans le domaine de la production animale, l'auteur adopte une définition légèrement différente : ce qui sert de base ce n'est pas le rendement pour 100 francs de capital actif, c'est la valeur de transformation obtenue à partir d'une certaine quantité de fourrage. Il adopte donc la définition suivante : « Il y a parité de prix entre deux branches d'exploitation de la production animale lorsque les prix des produits de ces branches sont entre eux dans une relation telle, que — pour des frais d'administration donnés — on en arrive, de part et d'autre, pour les mêmes fourrages à une même valeur de transformation. »

Voici le résultat de quelques calculs. Il y a parité entre le prix du lait et celui d'une génisse grasse de boucherie lorsque à un prix du kilogramme de lait de 1 correspond un prix du kilogramme vif de viande s'établissant entre 7,2 et 7,7. Il y a parité entre le prix du lait et celui du bétail d'élevage, lorsque, à un prix du kilogramme de lait égal à 1 correspond un prix du kilogramme vif d'une génisse de 3 ans s'établissant entre 9,6 et 10,3 (avec estivage), entre 10,8 et 13,3 (sans estivage). Il y a parité de prix entre l'élevage et l'engraissement des porcs lorsque, à un prix du kilogramme vif de porc gras égal à 1 correspond un prix des gorets à la pièce s'établissant entre 26 et 28.

De tels chiffres ne sont évidemment valables que pour les circonstances économiques dans lesquelles ils ont été calculés. Ils varient avec toute variation différentielle des coûts. C'est ainsi que l'auteur rappelle qu'il a eu un précurseur, von Paulis, qui, en 1918, a procédé, avec des méthodes un peu différentes, à des calculs analogues. A cette dernière date, la parité de prix entre blé et pommes de terre était 1 et 0,25, alors qu'elle est aujourd'hui 1 et 0,35 : la modification s'explique par le progrès technique qui est plus accusé dans la culture du blé que dans celle de la pomme de terre. De même, la parité de prix entre blé et céréales secondaires paraît être différente en France de ce qu'elle est en Suisse.

A côté de la parité des prix, l'auteur en distingue un certain nombre d'autres : parité de rendement en nature; parité de rendement brut en monnaie; parité de rendement brut en nature; parité de la valeur de transformation; parité de coût; parité de rendement du travail. Mais c'est seulement la parité des prix qu'il retient et étudie.

Cette notion paraît devoir être féconde. Personnellement, nous la jugeons supérieure à celle de « prix d'orientation ». Un prix isolé n'est doué d'aucune vertu d'orientation; il n'en acquiert une que par comparaison avec un autre. C'est cette vérité que néglige l'expression de « prix d'orientation », et que rappelle celle de « prix de parité ». Pour éviter toute confusion avec l'expression américaine, nous proposons finalement celle de « parité interne des prix agricoles ».

M. le Président. — Je me permettrai, pour ma part, de présenter une observation. En ce qui concerne la parité entre les différentes productions animales, je crois qu'il n'y a rien à ajouter ni à critiquer sur

ce que vient de nous exposer notre confrère. Mais, quant à moi, je me suis toujours insurgé contre un semblant de calculs de prix de revient entre les productions *végétales*.

Je prends un exemple. Quand on veut établir le prix de revient du blé, il y a des facteurs qui échappent à toute comptabilité propre, à toutes données exactes. Et là il n'est pas exagéré de dire que ce sont surtout les estimations un peu fantaisistes qui jouent quand il s'agit de donner, par exemple, des valeurs au facteur fumier, suivant les années successives de l'assolement ou aux éléments fertilisants laissés par la luzerne ou par les verts de betteraves, etc., on en est réduit à des évaluations qui varient... suivant les évaluateurs.

Je me souviens d'avoir fait, il y a de cela un certain nombre d'années, une enquête dont j'ai gardé le souvenir précis. Un député avait posé à la tribune la question de savoir pourquoi on payait le blé aussi cher. (Je crois qu'à l'époque, le cours en était de 23 fr. le quintal!) Il disait que c'était absolument scandaleux et qu'il fallait abaisser le prix de vente. On m'avait demandé de fournir des éléments de réponse.. Ne me sentant pas assez compétent pour le faire moi-même, n'ayant d'ailleurs pas suffisamment d'éléments comptables, j'ai eu l'idée de faire une enquête auprès des agriculteurs qui, en France, avaient la réputation d'avoir une bonne comptabilité. Je leur ai posé quelques questions comme celle-ci, concernant le prix de revient du blé, en assolement triennal : « En supposant que vous fassiez, en tête d'assolement, une fumure de 40 tonnes à l'hectare..., combien en attribuez-vous à la sole de blé? combien à la sole d'avoine? etc. De même pour le blé, venant après la luzerne, combien faut-il débiter le blé et créditer d'autant la luzerne, pour les éléments fertilisants laissés par cette plante fourragère dans le sol? »

J'ai eu des réponses surprenantes comme diversité. Pour le fumier, l'évaluation de sa répartition dans l'assolement triennal, variait suivant les régions... et les évaluateurs; soit : 1 tiers, 1 tiers, 1 tiers, soit moitié, un quart, un quart. Soit enfin, « pour que ce soit plus simple » (car c'est une expression très souvent employée en comptabilité agricole) : 1 /2, 1 /2, 0.

En conclusion, j'ai eu des renseignements tellement divers qu'il m'a été impossible de rédiger un rapport sur cette question.

Je continue à penser de la même façon, et je serais très heureux de savoir ce que les économistes — je m'adresse spécialement à M. Chombard de Lauwe — pensent de cette méthode de prix de revient des récoltes?

M. Chombart de Lauwe. — Le sujet est extrêmement compliqué. Nous avons entrepris des recherches dans ce domaine, mais nous ne sommes pas encore en mesure de présenter des conclusions.

Je note cependant que, dans le livre présenté par M. Fromont, il y a un essai extrêmement intéressant, notamment dans la notion d'exploitation-type. L'auteur a essayé de déterminer, pour tel ou tel système de production, une exploitation à l'intérieur de laquelle on étudie les variations des différents éléments. Je pense que c'est là la voie de l'avenir; à une seule condition, c'est que l'on ait des éléments de comptabilité beaucoup plus importants que ceux dont nous disposons maintenant.

J'espère que les méthodes de gestion vont fournir, dans un délai relativement rapide, une partie des éléments d'information, qui manquaient jusqu'alors. En tout cas, pour ma part, je serais plutôt tenté de partager votre avis, M. le Président, en ce qui concerne le calcul des prix de revient. Je ne crois pas qu'à l'heure actuelle, il soit possible de calculer le prix de revient d'un produit particulier. Mais je crois, par contre, qu'il est possible de comparer des prix de revient d'assolements qui ont des compositions différentes, de telle sorte, qu'indirectement, on peut avoir des ordres de grandeur sur les rapports de prix.

M. Noilhan. — Si nous pouvions calculer les parités avec précision, nous aurions un procédé d'orientation de la production extrêmement sûr. Les chiffres que M. Fromont nous a donnés sont-ils des moyennes obtenues sur cinq types d'exploitation?

M. Fromont. — Non, les chiffres sont des moyennes établies pour une série d'exploitations d'un même type. Toutefois, entre les divers types d'exploitations, les écarts sont faibles. Cela tient à ce que la Suisse est un petit pays où les conditions naturelles ne varient pas beaucoup.

M. Lefèvre. — Je me rapproche tout à fait de l'observation faite par M. Chombart de Lauwe. Lorsqu'on groupe un certain nombre d'exploitations d'un type déterminé, on obtient des chiffres moyens qui, sans avoir une valeur absolue, peuvent être retenus surtout pour des comparaisons.

Mais je suis un peu gêné par l'observation qui a été faite par l'auteur d'avoir la possibilité de recourir — dit-il — à plusieurs sortes de parités. Il en a cité au moins quatre, en dehors de celle qu'il a adoptée. Alors, cela m'effraie un peu de penser qu'il y a tant de systèmes de parités, et je suis obligé de me demander quelle est la valeur d'une définition.

Maintenant, ma deuxième observation, c'est qu'il me semble que l'auteur a oublié une chose essentielle. Comparer les prix, c'est bien : mais ce qu'il y a de plus intéressant, là comme ailleurs, c'est le résultat d'une activité sur une année ou sur une série d'années. C'est par conséquent, le bilan d'une activité déterminée, car je crois qu'un cultivateur, — pour ne parler que de lui, — est plus intéressé par son bilan, qu'il soit positif ou négatif, que par le rapport entre le prix du blé et le prix de la génisse de boucherie par exemple.

Nous nous trouvons ici en présence d'un système d'études qui a une valeur incontestablement. Mais je crois qu'il ne faut pas oublier qu'en définitive ce qui compte, c'est le bilan, et de voir surtout s'il est positif. Pour un agriculteur, s'il n'y a pas de bénéfices, je dirai d'une manière un peu brutale : « Peu importe la parité! »

Présentation d'ouvrage :

LA VIE RURALE DE LA BANLIEUE PARISIENNE

par **M. Phlipponneau**

M. Pierre Fromont. — Ce gros ouvrage de 593 pages, qu'accompagnent des tableaux, des cartes, des photographies, s'intitule : « Étude de géographie humaine. » Il correspond à une thèse soutenue en Sorbonne et représente l'un des plus récents travaux de l'École géographique française. Il ne le cède en rien aux précédents; c'est dire toute sa valeur.

Il étudie successivement l'élaboration des caractères actuels de la vie rurale de la banlieue parisienne; les caractères originaux de la vie rurale de banlieue; les types d'organisations : spécialistes et paysans; les aspects régionaux de la vie rurale de la banlieue parisienne. Ce plan, qui ne va pas sans entraîner des répétitions (c'est peut-être le seul reproche sérieux qu'on puisse adresser à cette étude), s'explique par la préoccupation de l'auteur d'examiner les mêmes phénomènes sous leur quadruple aspect : historique, économique, technique, géographique. Il est probable que ce sont les deux premières parties qui intéresseront le plus les membres de notre compagnie.

L'idée centrale et féconde de l'auteur est que la vie rurale de toute banlieue présente des caractères originaux, qu'il existe véritablement une « agriculture type banlieue » dont les grands traits sont sensiblement les mêmes dans tous les pays du monde. Lui-même est sorti de France pour étudier, au moins sommairement, le phénomène aux Pays-Bas, en Grande-Bretagne, dans certaines régions des États-Unis.

Cette agriculture est dominée par un facteur essentiel : la proximité d'un grand centre de consommation. D'où résulte toute une série de conséquences : valeurs foncières et salaires élevés, demande émanant d'acheteurs à gros pouvoir d'achat, possibilité de produire des denrées supportant mal le transport ou exigeant d'être consommées à l'état frais. Ces données orientent vers des productions à forte productivité à la fois par hectare et par homme; elles éliminent les productions animales qui, par nature, sont gourmandes de terre, et cela pose le problème de la fertilisation d'un sol auquel on demande beaucoup. A côté de ces données universelles, interviennent des données changeantes avec les temps et les pays : l'histoire, c'est-à-dire l'état de l'agriculture avant la création du centre urbain, d'où résulteront des résistances plus ou moins tenaces aux adaptations nécessaires; la technique, en particulier celle des transports qui tantôt assure le monopole des agriculteurs de banlieue, tantôt les en prive; les aspirations sociales qui tantôt s'accommodent assez bien du salariat (cf. les grandes fermes légumières de la banlieue de Londres), tantôt y répugne (cf. le « peuple » de maraîchers, horticulteurs, pépiniéristes de la banlieue parisienne).

C'est le jeu extrêmement compliqué de toutes ces données qu'analyse minutieusement l'auteur et dont il nous montre les résultats concrets en perpétuelle évolution. Évoquons quelques-uns d'entre eux.

L'un des plus surprenants, semble-t-il, est la perfection précoce qu'a atteinte cette agriculture dès l'Ancien Régime, dès le XVI^e^ siècle en particulier; on peut dire qu'au XVIII^e^ siècle, époque à laquelle la population parisienne est restée à peu près stationnaire (500 000 habitants sous Louis XIV, 524 000 en 1789), elle présentait toutes les grandes lignes que nous connaissons aujourd'hui : cultures spéciales très diversifiées (légumes, fruits, fleurs, pépinières, champignons); une structure sociale spécifique : forte organisation professionnelle (la corporation des maraîchers a reçu ses statuts en 1599); forte structure familiale (le mari produit, la femme vend : pas de place pour le célibataire); progrès techniques incessants dus en grande partie aux jardins du Roi, de l'aristocratie, de l'Église, des financiers; dès 1776, par exemple, les maraîchers ont mis au point le forçage des fraisiers, des haricots, des pois, des carottes. Tout cela était la conséquence d'une demande de plus en plus diversifiée et, comme nous dirions aujourd'hui, de plus en plus « noble »; il semble que nous nous flattons en affirmant que cette évolution date du XX^e^ siècle. Un auteur du XVIII^e^ siècle écrit que certains produits, encore de grand luxe au XVI^e^ siècle, ont perdu ce caractère de son temps, et il cite les melons, les artichauts et les asperges. L'usage de la viande d'agneau se répand au point que l'Administration doit prendre des mesures pour la protection du troupeau. Lavoisier, précurseur de nos statisticiens, estimait la consommation de Paris à 20 millions de livres pour le pain, 40 millions pour la viande, 32 millions pour le vin, 12 millions pour les fruits et légumes. Dans tous ces domaines, le XIX^e^ et le XX^e^ siècles ont beaucoup moins innové qu'on ne l'affirme couramment.

Évoquons également un autre phénomène : la façon inattendue dont l'agriculture de la banlieue parisienne a réagi devant l'apparition de la voie ferrée. On a cru sa dernière heure venue; c'était la porte grande ouverte aux concurrents de province qui, bénéficiant d'une terre moins coûteuse et de salaires moins élevés, et souvent d'un climat plus favorable, voyaient éliminer leur seule cause d'infériorité : la distance. En fait, à la fin du XIX^e^ siècle, cette agriculture était plus prospère que jamais. Sans doute, elle avait dû s'adapter : elle avait renoncé à la vigne, au

forçage de certains fruits et légumes, elle avait réduit certaines formes de la culture florale. Mais, dans l'ensemble, sachant à son tour utiliser le chemin de fer pour gagner le marché parisien et pour exporter sur les marchés étrangers « l'article agricole de Paris », elle parvint au cours de ce siècle à multiplier sa production par 15. Nous pouvons en tirer une conclusion encourageante; plus que les conditions naturelles, techniques et économiques, le facteur essentiel du succès réside dans le courage, le dynamisme et les connaissances professionnelles des producteurs.

Ils ont, en particulier, et c'est par là que nous terminerons, à pratiquer avec objectivité et sans parti pris, le calcul économique. Des chiffres que cite l'auteur, il résulte que la rentabilité n'est pas toujours proportionnelle au capital engagé : si la culture fruitière basses tiges rapporte plus que celle de plein vent, par contre, la culture florale sous verre rapporte moins que celle de plein air; aussi, l'abaissement des prix de revient est-il recherché aujourd'hui tantôt dans l'abaissement de l'intensité culturale (cultures hâtées et arrosées et non plus cultures forcées), tantôt dans l'intensification (emploi massif de fumier artificiel chargé avec une grue et transporté sur chariot à moteur; utilisation des engrais chimiques; chauffage du sol par conducteurs électriques; utilisation de machines à désinfecter le sol). Par là, les préoccupations de l'agriculture de banlieue rejoignent celles de l'agriculture nationale dans son ensemble.

M. Chombart de Lauwe. — Si j'ai bien compris la thèse de M. Phlipponeau. il s'agit, en somme, d'une simple confirmation de la théorie ancienne de von Thünen, d'après laquelle plus on se rapprochait du marché, plus la culture était intensive.

A l'heure actuelle, par suite d'une part du progrès technique des transports, et d'autre part de la hausse considérable des salaires, à proximité des centres, on assiste à une diversification étonnante des systèmes de production.

Dans la région parisienne, on rencontre, par exemple, des systèmes dans lesquels une unité de travailleur cultive 5 hectares. Et je connais une exploitation dans laquelle un travailleur cultive 40 hectares, avec un produit brut de 130 000 francs à l'hectare.

On a donc des systèmes de production qui diffèrent d'une façon très considérable. Bien entendu, le cas que je cite est exceptionnel. Mais il dénote une évolution de certains systèmes de production, caractérisés par une grande économie de main-d'œuvre et un développement considérable de la mécanisation.

M. Hénin. — Je crois qu'il y a aussi un aspect du problème qui a peut-être été évoqué, dans l'ouvrage que notre confrère M. Fromont vient de nous présenter, c'est le déplacement incessant de ces cultures repoussé par la ville. C'est une question dont nous nous occupons et il y a actuellement, 140 maraîchers de la région parisienne, qui se trouvent sous le coup, non pas d'une expropriation à proprement parler, mais qui se trouvent du moins chassés par des programmes de construction. Il va falloir reloger ces exploitants, en leur donnant, d'ailleurs, des moyens de travail équivalents à ceux qu'ils perdent.

Or nous devons observer la façon dont un type d'exploitation améliore le milieu. Il est certain, par exemple, qu'au bout de plusieurs années, les apports intensifs de matières organiques ont complètement transformé le sol. Si ces exploitations sont abandonnées, ce sont des outils perdus, qui devront être reconstitués ailleurs et à grands prix.

Il y a aussi un problème psychologique, 150 familles exerçant une activité agricole, valable au point de vue économique, se trouvent privées de leur moyen de travail.

Il faut d'autre part que ces exploitants soient regroupés, et il devient très difficile de trouver les surfaces nécessaires.

Je souhaiterai pour ma part que les économistes, les historiens, les géographes nous donnent leur opinion sur l'avenir qui est réservé à une telle activité, car si ces exploitations doivent disparaître il n'est pas utile de les recréer. Si elles sont viables alors il faut les aider à trouver les terres qui leur sont nécessaires : je suis personnellement de ce dernier avis. En outre il semble utile d'avoir dans la banlieue des villes des réserves d'aliments frais.

Mais M. Phlipponneau a peut-être traité dans son ouvrage de ces aspects particuliers de l'horticulture?

M. Fromont. — L'auteur, en effet, a consacré quelques développements au problème en question qui est extrêmement important. Il signale, par exemple, l'affaire du Centre de Saclay; pendant des années, les Services de l'aménagement de la région parisienne ont lutté pour que le Centre soit installé ailleurs, ces terres étant parmi les meilleures de la région.

Il y a également, un fait qu'il n'a pas signalé, mais que M. Gravier a révélé. C'est que, dans la banlieue parisienne, depuis une dizaine d'années, les friches et les bois ont gagné 30 000 hectares. C'est le résultat de lotissements manqués; on a fini par les abandonner; alors c'est la friche, puis le taillis qui s'en sont emparés.

D'un autre côté, l'auteur insiste beaucoup sur le climat; il a écrit sur cette question tout un chapitre des plus intéressants. Il analyse les caractères spécifiques du climat urbain. En particulier flotte sur l'agglomération une sorte de nuage de brouillard permanent. Or on a remarqué que les marais du Sud-Est (Créteil, Maisons-Alfort, etc.) produisent des légumes huit à quinze jours plus tôt que les marais du Nord; l'auteur explique la chose par le fait que les vents dominants sont des vents du Sud, et qu'ainsi ils tendent à dégager le ciel de la partie sud et à accumuler le brouillard sur la banlieue nord.

Il signale également qu'un floriculteur de Boulogne, qui se plaignait que sa culture souffrait d'une insolation insuffisante, s'est renseigné auprès des Services météorologiques de la Région. Ceux-ci ont pu lui indiquer un endroit idéal, Noisy-le-Roi.. L'atmosphère y est particulièrement pure. La probabilité des jours de brouillard (pour 1.000) y est d'octobre à mars de 93 (contre 407 au square Saint-Jacques), d'avril à septembre de 8 (contre 52 au square Saint-Jacques). C'est ainsi que depuis 1930, Noisy-le-Roi est devenu un centre important de cultures florales.

M. R. de Vilmorin. — Il est certain qu'il y a des conditions de microclimat qui sont exploitées de tout temps par les horticulteurs et les maraîchers. C'est assurément pour des raisons analogues que les maraîchers et horticulteurs, chassés jadis du centre actuel de Paris, s'installèrent dans la plaine de Vaugirard, par exemple.

Il est donc assez vraisemblable et logique qu'à l'heure actuelle les horticulteurs tiennent compte des indications statistiques des météorologistes, pour choisir un endroit plutôt qu'un autre et éviter ainsi des brouillards ou des froids particulièrement nuisibles.

SUR L'ÉLEVAGE DES BREBIS LAITIÈRES EN ISRAËL

M. André Leroy. — A l'occasion d'un récent voyage en Israël, motivé par une réunion de la Commission de l'Élevage ovin de la Fédération Européenne de Zootechnie, nous avons eu l'occasion d'étudier les conditions de la production du lait de brebis dans ce Pays. Cette production en effet, à la fois par son excellente organisation et par le niveau

élevé de la qualité des brebis, l'une des principales sources des revenus de l'Agriculture locale, et l'une des plus rémunératrices.

Il y a une vingtaine d'années, les brebis indigènes, appartenant à la race Awassi, exploitées sans précautions particulières en régime de transhumance, produisaient en plus de la quantité consommée par les agneaux de 40 à 60 kilogrammes de lait. Soumises à une alimentation rationnelle pendant la période qui suit l'agnelage, les meilleures d'entre elles pouvaient fournir de 105 à 120 kilogrammes. Par l'emploi simultané d'une sélection généalogique parfaitement organisée, et d'une alimentation supplémentaire à base d'aliments concentrés, la moyenne de production par tête de ces animaux est maintenant de 300 kilogrammes, avec des maxima qui dépassent 800 kilogrammes (maximum observé actuellement 890 kg). Le nombre des brebis de la race est de 125 000, et le produit brut des ventes par animal atteint 36 000 francs français dont 60 p. 100 provenant de la vente du lait, 37,5 p. 100 provenant de la vente de l'agneau et 2,5 p. 100 seulement pour la laine. L'agnelage se produit le plus souvent entre le 1er décembre et le 15 février, et l'on recherche, par le choix raisonné des reproductrices, à réduire le nombre de celles d'entre elles qui mettent bas avant ou après cette période (88 % des brebis agnèlent dans les conditions estimées les plus convenables).

La race Awassi appartient au groupe des moutons à grosse queue et possède une parenté certaine avec les races qui, depuis la Tunisie jusqu'à l'Iran, habitent la partie orientale du bassin méditerranéen et le pourtour des déserts de l'Asie mineure. Elle est très rustique, ce qui permet d'exploiter les femelles jusqu'à 8 ou 9 ans. Sa fécondité n'a rien d'exceptionnel, car le nombre des agneaux conservés dans le troupeau ou vendus pour la boucherie est de 108 pour 100 mères.

Les brebis pèsent de 55 à 65 kilogrammes. En raison du haut niveau de leur production laitière, leurs agneaux s'accroissent très rapidement. Les jeunes femelles pèsent de 20 à 23 kilogrammes à 2 mois, et les agneaux peuvent atteindre au même âge de 23 à 25 kilogrammes, ce qui correspond à un gain quotidien de poids vif de 300 à 350 grammes. Les éleveurs ne laissent boire à l'agneau qu'une partie du lait de sa mère, car sans ce rationnement, des accidents par indigestion laiteuse ne manqueraient pas de se produire.

La rapidité avec laquelle les qualités de ce troupeau ont été augmentées est absolument remarquable, et nous pensons qu'il s'agit là du plus étonnant travail qui ait été tenté et réussi en zootechnie depuis les trois dernières décades. Le principal mérite de cette amélioration revient à un remarquable animateur, M. le Dr Finci, qui a rencontré dans les milieux d'éleveurs un accueil enthousiaste. Aujourd'hui le Dr Finci dispose d'excellents moniteurs dont la mission consiste à vulgariser les méthodes d'élevage, et surtout d'alimentation les mieux adaptées aux conditions locales. Ces techniciens aident leur chef à surveiller le fonctionnement d'un Contrôle laitier généralisé, dont les résultats servent de base pour la tenue de Livres généalogiques. Enfin, il convient de signaler également les remarquables qualités techniques des bergers assurant la garde et les soins des brebis sélectionnées d'après ces méthodes.

L'exploitation collective de la terre est, on le sait, très répandue en Israël. Sur les 125 000 moutons composant le troupeau israélien, 57 p. 100 appartiennent à des coopératives. L'effectif moyen d'un troupeau collectif est de 360 têtes et celui des troupeaux privés, de 130 seulement. Les troupeaux dont la moyenne annuelle de production dépasse 200 kilogrammes par tête sont enregistrés, et les brebis de ces troupeaux ayant fourni à l'âge adulte plus de 350 litres sont inscrites aux Livres généalogiques, ce qui permet de suivre leur descendance. Chaque année, la moyenne de production par brebis est calculée et les troupeaux contrôlés sont classés d'après les résultats obtenus. L'année dernière, les deux troupeaux classés en tête ont dépassé 450 kilogrammes de moyenne, ce qui, mieux que tout autre commentaire, montre l'exceptionnelle

réussite des méthodes utilisées. En particulier, l'alimentation des animaux est réglée d'après le niveau de production des brebis, au moyen de la méthode des équivalents fourragers. Comme en France, l'éleveur distribue une ration d'entretien de 0,7 U. F. augmentée de 0,6 U. F. par kilogramme de lait obtenu. Pour une brebis produisant 200 kilogrammes de lait par an, la fraction d'aliment à distribuer sous forme de produits concentrés (grains et tourteaux) est de 100 kilogrammes, ce qui correspond à 1/3 environ des besoins. Ceci permet d'en déduire que le niveau quotidien de production à partir duquel l'alimentation complémentaire est considérée comme indispensable atteint 1,25 kg.

Des dispositions fort efficaces permettent la diffusion des animaux d'élevage provenant des meilleurs troupeaux. Pour fournir des brebis aux nombreux immigrants, qui arrivent encore constamment dans le Pays et qui ne disposent d'aucunes ressources en dehors de celles qui leur sont attribuées par les services de colonisations, les jeunes femelles sevrées âgées de 2 mois et pesant au moins 20 kilogrammes vif sont achetées par l'État à un prix supérieur de 30 p. 100 à celui des animaux de même poids destinés à la boucherie. A ce tarif de base s'ajoutent des majorations calculées d'après la valeur laitière des mères.

Voici le barème utilisé :

	Majoration d'après le prix de base
— Agnelles issues de mères ayant donné de 200 à 270 kilogrammes de lait	4 %
— Agnelles issues de mères ayant donné de 270 à 320 kilogrammes de lait	10 %
— et ainsi de suite jusqu'au maximum de 21 % pour des agnelles dont les mères ont fourni plus de 390 kilogrammes.	

Les précautions prises pour le choix des reproducteurs mâles sont encore plus sévères. Les jeunes béliers doivent, obligatoirement, avoir pour mères des brebis ayant produit à l'âge adulte 400 kilogrammes de lait en une lactation (350 kg pour les primipares). Ces animaux achetés à 2 mois, sont payés le double du prix de boucherie. Comme le nombre des jeunes mâles remplissant ces conditions dépasse les besoins annuels, le choix se fait d'après l'ordre des performances maternelles. Toutes les décisions concernant ces échanges de reproducteurs sont de la compétence d'un Comité d'Élevage qui groupe auprès d'Éleveurs élus par leurs collègues quelques techniciens désignés par le Ministre de l'Agriculture avec, comme animateur et arbitre, le Dr Finci.

Il est incontestable que l'application en France de ces méthodes permettrait d'accroître en quelques années la production laitière des brebis de notre région du Sud-Ouest, dont le lait est transformé en fromage de Roquefort. Jusqu'à présent, en effet, c'est l'insuffisante vulgarisation du contrôle laitier-beurrier et surtout le manque d'organisation de l'élevage et de la vente des béliers reproducteurs qui empêchent les brebis de ce troupeau d'atteindre le niveau de production de celles d'Israël.

LA NUTRITION ET LA FERTILISATION AZOTÉES DE LA BETTERAVE SUCRIÈRE

M. Beauchamps. — J'ai l'honneur de présenter à l'Académie une note de M. Yves Coïc, notre correspondant, et de M. Maurice Trunkenboltz sur la nutrition et la fertilisation azotées de la betterave sucrière.

Les travaux de l'éminent directeur de la Station centrale de Physiologie végétale à l'Institut national de la Recherche agronomique, relatifs à la fertilisation azotée du blé, sont bien connus et les progrès enregistrés dans cette culture en France sont, pour une part très appréciable, dus à l'application des recherches de M. Coïc dans ce domaine.

Les agriculteurs planteurs de betteraves ne manqueront donc pas d'être particulièrement intéressés par les travaux qu'il a entrepris, dans le même sens, sur la betterave sucrière.

Note de **MM. Yves Coïc**, *correspondant*, et **Maurice Trunkenboltz**

En agriculture, la période de végétation de la Betterave sucrière va de mai à octobre et comporte donc la saison la plus sèche de l'année : l'été. Le rendement en racines, et aussi le rendement en sucre à l'hectare dépend essentiellement de l'eau dont la betterave peut disposer pendant sa végétation et plus particulièrement de la pluviosité à la fin du printemps et en été.

L'eau étant le principal facteur limitant le rendement, il va de soi que les *besoins* en azote de la betterave dépendent des conditions météorologiques de l'année : en année pluvieuse les besoins en azote seront plus élevés qu'en année sèche.

La croissance de la betterave étant particulièrement importante en juillet-août, on peut penser que les besoins en azote sont très grands à cette époque. On constate que l'absorption des éléments majeurs : azote, acide phosphorique, potasse, etc., est extrêmement forte pendant cette période, lorsque la plante peut les trouver à sa disposition dans le sol. (L'absorption des substances minérales dépend en effet de la croissance (1).)

On peut donc se demander s'il serait avantageux de faire des apports échelonnés d'azote, ce qui donnerait vraisemblablement la possibilité de faire varier les apports en fonction des besoins de l'année. Toutefois, on peut aussi se demander, en particulier pour une plante à enracinement profond comme la betterave, si des engrais azotés apportés en couverture à la fin du printemps ou en été seront facilement et rapidement absorbés.

Partant de ces considérations, nous avons effectué l'expérience suivante, pour contribuer à élucider le problème de fertilisation azotée de la betterave sucrière.

Conditions de sol et de culture

Le sol était un limon profond, n'ayant pas reçu de fumier. Il était bien pourvu en acide phosphorique et potasse assimilables et a reçu au moment du labour 700 kilogrammes de superphosphate et 400 kilogrammes de chlorure de potassium à l'hectare.

Les graines de betteraves, variété Klein N, furent semées le 5 avril.

Fertilisations azotées en comparaison

La dose totale d'azote apportée à chaque parcelle était la même : 180 kilogrammes d'azote à l'hectare. Cette quantité d'azote ajoutée à celle provenant de la minéralisation d'une fraction de la matière organique du sol correspond aux besoins d'une forte récolte, c'est-à-dire d'une culture faite en année convenablement pluvieuse. Cette quantité totale a été apportée en couverture, sous forme de nitrate de chaux, en deux fois : le partage en deux fractions inégales étant soit 70 et 110 kilogrammes, soit 40 et 140 kilogrammes. D'autre part, les dates d'épandage varient. Le tableau ci-dessous résume ces conditions : 9 types de parcelles, chaque parcelle ayant 43,2 m², 6 répétitions.

Tableau de Fertilisation
(Dates d'épandage et quantités d'azote à l'hectare)

Type de parcelles	Au semis 5 avril	Après démariage 25 mai	21 juin	15 juillet	5 août
I	70	110			
II		70	110		
III		70		110	
IV			70	110	
V				110	70
VI		40	140		
VII		40		140	
VIII			40	140	
IX			140		40

L'année 1954 se caractérise par un printemps sec, un été où les précipitations sont fréquentes, mais demeurent peu abondantes, avec une insolation exceptionnellement faible et des températures anormalement basses.

	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre
Pluies (en mm).	32,6	4,8	18,8	36,7	29,0	52,2	104,4

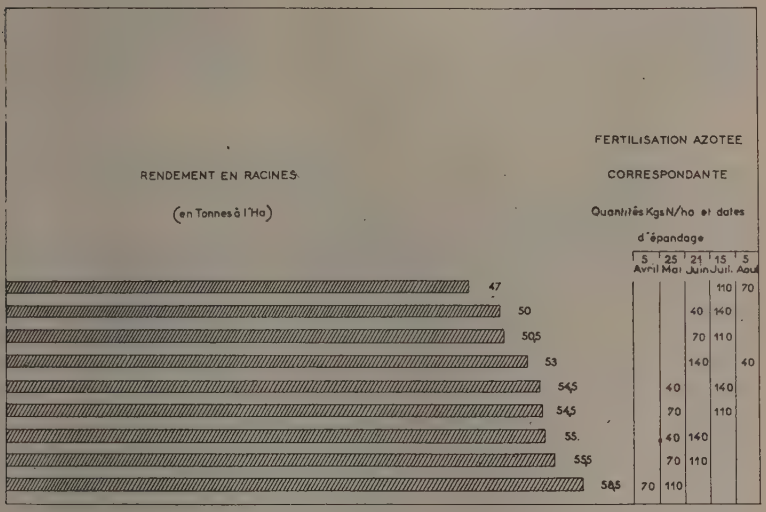
Résultats

Les calculs statistiques ont montré que l'essai était hautement significatif.

Dans le graphique, nous avons classé les rendements en racines à la récolte, par ordre croissant, et avons mis en face les fertilisations correspondantes (la longueur du rectangle est proportionnelle au rendement).

Il ressort très nettement que *les rendements ont été d'autant plus*

élevés que l'application d'azote a été plus précoce. Dans le cas où deux épandages fractionnés ont été effectués respectivement aux mêmes dates, c'est toujours celui dont la première fraction était la plus forte qui donne le meilleur rendement.



Nous avons effectué des prélèvements de betteraves dans toutes les parcelles sur une longueur déterminée de raie à deux dates : 29 juillet et 24 septembre.

Les prélèvements du 29 juillet nous montrent que la tardiveté de l'application d'azote a beaucoup nui au développement foliacé et peu à la croissance des racines à cette date : ainsi, pour les betteraves ayant reçu tout leur azote (en éliminant donc les parcelles V et IX), le poids de feuilles varie de 26,5 kg à 17 kilogrammes, tandis que le poids des racines varie de 23 kilogrammes à 20 kilogrammes; le rapport $\frac{\text{feuilles}}{\text{racines}}$ variant de 1,15 à 0,85 et étant d'autant plus faible que l'azote a été apporté plus tardivement. Plus tard, cette différence de développement foliacé *influe beaucoup sur la croissance des racines* pour conduire, à la récolte, aux rendements indiqués. Il en résulte que les différences du rapport $\frac{\text{feuilles}}{\text{racines}}$ constatées le 29 juillet peuvent s'estomper ou même s'inverser par la suite, bien que l'action premièrement constatée sur le développement foliacé se poursuive longtemps. Ainsi, en classant les parcelles dans l'ordre du tableau I, c'est-à-dire suivant l'ordre du rendement final qui est très exactement celui de la précocité de la fertilisation azotée, on voit que le poids des feuilles suit ce classement, la différence s'étant d'ailleurs nettement estompée.

Classement des parcelles suivant Tableau I	I	II	III	IV	VII	IX	IV	VIII	V
Poids de feuilles le 24 septembre	43,6	41,4	39,4	38,9	38,2	38,9	38,7	37,6	34,5

Discussion

L'allure de la croissance et du développement de la betterave à sucre nous explique l'action des divers types de fertilisation sur la croissance relative du feuillage et de la racine. En effet, c'est le feuillage qui, au début, croît le plus rapidement; et il n'est pas étonnant qu'un manque d'azote au début de la végétation (cas de la fertilisation retardée dans notre essai) agisse principalement en diminuant la croissance du feuillage. Plus tard, c'est la croissance de la racine qui est prépondérante, ce qui signifie que les produits photosynthétisés par le feuillage serviront principalement à la croissance de la racine puis à l'accumulation du sucre dans cette racine.

Il ne faut pas croire que la croissance de la racine puisse se poursuivre très longtemps, même si les conditions d'ambiance (température principalement) sont favorables à la croissance. Ulrich (2) a montré en effet, dans une serre où les conditions de température étaient maintenues constantes : 23° de 8 heures à 16 heures et 17° de 16 heures à 8 heures (« Phytotron » de Pasadena) que, à partir d'un certain moment, la racine ne croît plus et que c'est le collet qui se met alors à croître. La croissance du collet ne nous intéresse pas. Nous devons donc considérer que la betterave sucrière n'a plus besoin d'azote à la fin de la croissance de sa racine.

Quant à l'augmentation tardive de la concentration en sucre de la racine ou « sugaring up », comme l'appellent les Américains, on doit considérer qu'il y a une sorte d'antagonisme entre croissance (de la racine à cette époque, ou même du collet) et élévation de la teneur en sucre de la racine. Cette élévation de la teneur en saccharose de la racine coïnciderait-elle avec la fin de la croissance de la racine, correspondrait-elle à une sorte de « maturation » de la betterave qui coïnciderait alors au passage de la croissance de la racine à la croissance du collet? Ou cette accumulation serait-elle due à une variation des conditions extérieures? Ulrich indique que les betteraves n'ont pas de mécanisme interne de « maturation », tel que celui trouvé, par exemple, dans la Tomate. Ses résultats indiquent que des changements dans la longueur du jour, l'intensité lumineuse ou la qualité de la lumière ne peuvent pas provoquer le « sugaring up » et il pense que celui-ci est dû à la baisse de température pendant le jour ou la nuit, ou à des déficiences nutritives ou à des facteurs non encore connus.

Nous pensons, pour notre part, qu'une baisse de température et le manque d'azote, en tant que facteurs inhibant la croissance tout en ne nuisant pas beaucoup à la photosynthèse brute, sont susceptibles de provoquer cet accroissement de concentration en sucre de la racine de betterave et que ces facteurs jouant au moment voulu, c'est-à-dire à la fin de la croissance normale de la racine, interviennent favorablement pour augmenter la récolte de sucre à l'hectare.

Pour obtenir la récolte maximum de sucre à l'hectare, il serait nécessaire que la plante ait un fort approvisionnement en azote au moment de la croissance des feuilles et de la racine, puis il faudrait qu'à la fin de la croissance racinaire (en fin de végétation), elle n'ait plus d'azote

à sa disposition pour qu'il y ait augmentation nette de la teneur en sucre de la racine et que celle-ci contienne peu d' « azote nuisible ». (La formation de composés azotés organiques, tels que la glutamine, les acides aminés... inutiles, puisque ne servant plus à la croissance, qui serait d'ailleurs superflue, se fait aux dépens des glucides photosynthétisés, et de plus sont nuisibles à la cristallisation du saccharose.)

L'expérience indiquée ci-dessus, comme beaucoup d'autres d'ailleurs, montre que dans les terres profondes où sont cultivées habituellement les betteraves, il est nécessaire de mettre l'azote tôt, pas après le démariage. Il est même possible que dans ces terres où l'on ne risque pas de pertes par drainage à la fin de l'hiver, il soit avantageux de faire descendre tout ou partie de l'azote par épandage de certains engrais azotés quelque temps avant le semis.

L'azote que la betterave aura à sa disposition provient en partie de la nitrification d'une petite fraction de la matière organique du sol : celle préexistante, et celle ajoutée sous forme de fumier. Une partie de cet azote sera fournie à la betterave au début du printemps, mais il est vraisemblable qu'une partie de cet azote sera livrée relativement tard. L'allure, dans le temps, de cette fourniture dépend essentiellement des conditions de milieu (sol, climat) et en particulier des conditions météorologiques de l'année.

Il est normal de penser que : plus *la part* revenant à la source d'azote provenant de la nitrification des matières organiques du sol (matières organiques préexistantes, fumier) dans l'alimentation azotée globale de la betterave sucrière sera importante, moins on sera maître de la conduite de la nutrition azotée de la betterave, plus sera vraisemblablement grande la fourniture tardive d'azote à la betterave avec les conséquences que cela comporte, et, vraisemblablement, plus seront variables les résultats obtenus annuellement concernant la récolte de sucre à l'hectare et la qualité technologique de la betterave.

Nous pensons qu'il serait nécessaire d'élucider le problème de l'équilibre judicieux entre les fumures azotées minérale et organique (fumier) de la betterave sucrière dans divers milieux en fonction des *desiderata* qui peuvent d'ailleurs évoluer. (L'acide glutamique peut devenir un sous-produit important de l'industrie betteravière.)

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

(1) Coïc (Y.) et Vandewalle (Mlle G.). — Variation des forces de rétention ou d'absorption de PO_4 par la pomme de terre pendant son développement. Conséquences agronomiques. *C. R. Ac. Sci.*, 1956, **242**, 1763-1765.

(2) Ulrich (A.). — Growth and development of sugar beet plants at two nitrogen levels in a controlled temperature greenhouse. *Proc. Am. Soc. Sugar Beet Techn.*, 1954, **8**, part. II, 325-338.

MANDARINES ET CLÉMENTINES D'ALGÉRIE

M. Rebour, *correspondant.* — Vers 1850, Hardy introduisait le mandarinier en Algérie. D'abord hésitantes, les plantations se développèrent ensuite beaucoup plus vite que celles de l'oranger, si bien qu'au début du XXe siècle les mandarines formaient une part importante des exportations. A cette époque, la France ne consommait qu'un demi-million de quintaux d'agrumes, dix fois moins qu'à présent.

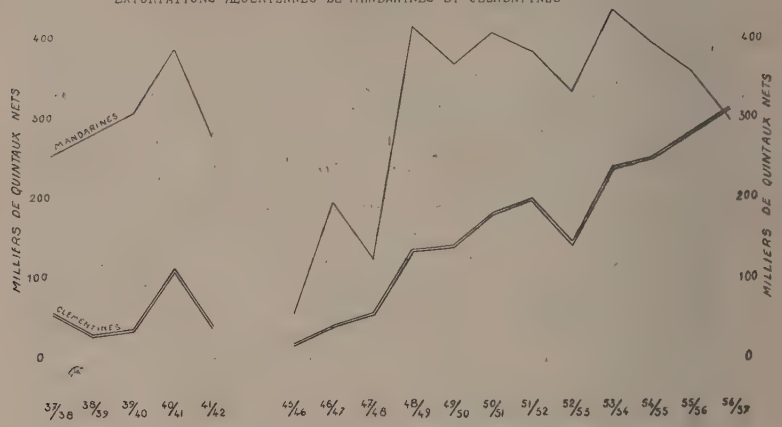
Après avoir compté pour moitié dans les 200 000 quintaux d'agrumes exportés sur la Métropole vers 1933, et battu le record de ses expéditions entre 1948 et 1955, avec une moyenne de 400 000 quintaux par an,

la mandarine subit maintenant une défaveur presque totale de la part des planteurs. Elle ne figure plus que pour 2 p. 100 dans les plantations nouvelles.

Cette désaffection, qui contraste avec l'amplification des autres espèces, est due à la redoutable concurrence de la clémentine. C'est en 1902 que le Dr Trabut remarquait, dans un semis de mandarinier, à l'orphelinat de Misserghin, en Oranie, quelques plants qui se distinguaient par un plus ample feuillage. Il les multiplia, mais les fruits ne soulevèrent d'abord qu'un simple intérêt de curiosité. Il faut arriver vers 1920 pour que l'attention de la clientèle soit retenue par les clémentines arrivant sur le marché français. Le succès fut alors très rapide et les plantations ne tardèrent pas à dépasser 3 000 hectares. Parallèlement, le Maroc orientait ses jeunes plantations vers ce fruit précoce, d'une couleur attrayante, sans pépins, dont la saveur, très régulière, surclasse nettement celle de la mandarine. Les exportations atteignaient 50 000 quintaux lorsque se déchaîna la seconde guerre mondiale.

Année par année, les producteurs constatèrent alors une impor-

EXPORTATIONS ALGERIENNES DE MANDARINES ET CLEMENTINES

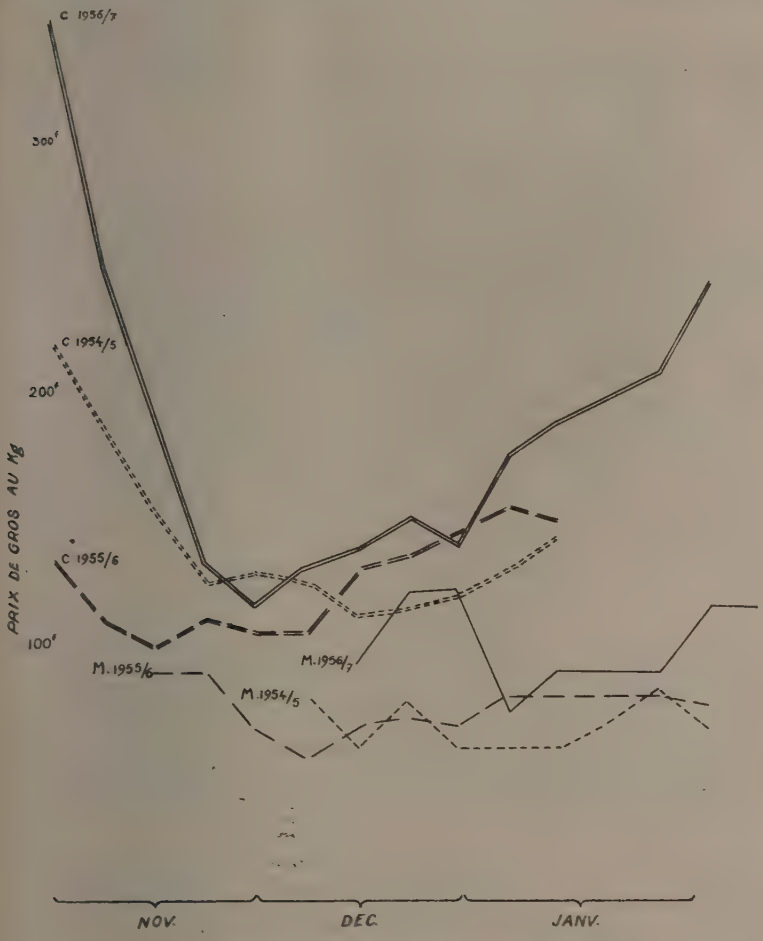


tante chute des rendements du clémentinier, avec un saisonnement marqué des récoltes. Dans certaines régions, cette baisse était à un tel point accentuée, que les regreffages marchèrent bon train. Cependant quelques rares plantations continuaient à faire preuve d'une fertilité normale. Les recherches entreprises par le Service de l'Arboriculture à la Station expérimentale d'Arboriculture de Boufarik, dirigée par M. Blondel, et les enquêtes menées dans les vergers du Constantinois par M. Renaud polarisèrent l'action sur deux hypothèses :

1° Une constatation d'ordre génétique. Bien que d'obtention relativement récente, le clémentinier est composé de clones différents. La découverte du clémentinier Monreal, plus fertile, à fruits plus précoces, plus gros et réguliers que le type, avec de nombreux pépins, en est une preuve convaincante. Il y a donc intérêt à effectuer une rigoureuse sélection des greffons.

2° Une constatation d'ordre cultural. Le clémentinier passe pour être un grand seigneur, ne se plaisant que dans l'opulence. Aussi doit-on veiller avec le plus grand soin sur son alimentation : fumure et arrosages. L'influence de la fertilisation azotée de printemps apparut décisive. La floraison, d'une abondance inouïe, épuise rapidement les réserves

de l'arbre, qui doit trouver dans le sol à cette époque, une humidité suffisante et des nitrates en quantité, ce qui est rarement le cas dans les régions trop sèches ou trop pluvieuses. On avait, par ailleurs, remarqué la



COURS DES MANDARINES ET CLEMENTINES
AUX HALLES CENTRALES DE PARIS
Campagnes 1954/55, 1955/56 et 1956/57
D'APRÈS LES STATISTIQUES POMONA

rareté relative des fleurs du clémentinier Monréal, qui donne malgré cela, et sans doute à cause de cela, de copieuses récoltes.

La période d'après-guerre n'allait pas tarder à confirmer ces hypo-

thèses. Tandis que les planteurs se désintéressaient du clémentinier, une remontée progressive des rendements attira de nouveau leur attention et les pépinières reprirent sa multiplication un instant interrompue. L'origine de l'infertilité de cet arbre devenait évidente : pendant les hostilités, sevré d'engrais et arrosé parcimonieusement, il refusait de fructifier. Les moyens de travail redevenus normaux, les récoltes reprirent une cadence plus normale. La légende de l'infertilité naturelle du clémentinier était détruite et la plus belle preuve en était apportée par le groupe des étalons de la Station de Boufarik, dont les rendements annuels moyens, calculés sur douze ans, dépassent 150 kilogrammes de fruits par arbre. Ces résultats exceptionnels n'ont pu être obtenus que par la conjonction des facteurs génétiques et des bons soins culturaux.

Sous cette influence, les exportations repartaient de plus belle, en progression constante, pour dépasser 300 000 quintaux nets en 1956-1957. Fait remarquable, le tonnage des clémentines expédiées d'Algérie surclasse pour la première fois celui des mandarines, bien que les surfaces plantées restent inférieures (4 000 ha contre 5 000). C'est que les deux fruits se livrent à une concurrence fort inégale durant tout le mois de décembre, époque à laquelle la clémentine atteint l'apogée de ses qualités visibles et cachées, alors que la mandarine est à peine mûre. Les mercuriales des halles formulent un verdict sans appel : pour les beaux fruits, les cours des mandarines se traînent péniblement entre 60 et 80 francs le kilogramme en gros, tandis que ceux des clémentines plafonnent entre 100 et 120. Le producteur n'encaisse qu'une dizaine de francs pour les premières contre près de 50 pour les secondes. Le marché français a cependant reçu au cours de la récente saison plus de 500 000 quintaux de clémentines contre 360 000 de mandarines, ce n'est donc pas une question de tonnage qui provoque de tels écarts. La clémentine reste la grande favorite du consommateur, qui a marqué cette année son impatience à l'égard du retard de la maturité et des expéditions en payant les arrivages des premiers quintaux à des prix invraisemblables : jusqu'à 450 francs le kilogramme en gros, au port de débarquement.

***

La conclusion qui s'impose, c'est l'influence déterminante de la génétique et des bons soins culturaux sur l'heureuse évolution d'une production. Dans son exposé du 3 avril dernier, M. Fromont appelait l'attention de l'Académie sur un effort d'investissement de l'agriculture française tourné trop exclusivement vers le domaine mécanique. Quoique moins spectaculaire, l'amélioration par voie des investissements biologiques n'en est pas moins efficace. Et s'il était nécessaire d'en fournir la preuve, cette petite histoire de la mandarine et de la clémentine en Algérie suffirait à éclairer les esprits.

MAINTIEN DU TAUX D'HUMUS EN CULTURE INDUSTRIELLE DU NORD DE LA FRANCE

par **J. Hébert**

(*Note présentée par* **M. Lemoigne**)

Incidence sur le bilan humique de l'évolution des assolements

Nous admettons en moyenne un taux de destruction de l'humus de 1,70 p. 100 (1 300 kg à l'ha) ce qui semble correspondre à la consommation annuelle dans les terres franches limoneuses du nord de la

France. Cette consommation devant être compensée par les résidus culturaux et les apports de fumier, *l'équilibre humique des fermes restera donc avant tout un problème d'assolement*, tant qu'il n'y aura pas de sources extérieures d'humus suffisamment bon marché.

Bien que l'estimation en « valeur humique » des résidus des récoltes soit assez conventionnelle et que les chiffres avancés restent à préciser, elle permet d'exprimer par une commune mesure les résidus, les pertes du sol et les fournitures par le fumier. Nous adopterons les normes suivantes :

— valeur humique des résidus végétaux verts : 20 % de la matière sèche;
— valeur humus des résidus cellulosiques assez secs : 20 % de la matière sèche;
— valeur humus du fumier : 100 kilogrammes à la tonne.

Nous supposerons dans les calculs toute la matière organique du sol sous forme d'humus stable.

L'Office Central de Comptabilité Agricole de Soissons nous a communiqué les assolements relatifs à des groupes de fermes et sur plusieurs années, ramenées à 100 hectares.

Les hectares fumés (supposés à 40 t) étaient loin d'utiliser toute la paille produite (estimée à 4 t à l'ha, chiffre très moyen). D'après les recettes nous avons pu calculer approximativement les ventes de pailles.

Celles-ci sont de l'ordre de 5 p. 100 des pailles produites. Néanmoins, en 1928, elles étaient de 10 p. 100 environ. Le restant des pailles a été compté en restitutions ce qui corrigerait approximativement une sous-estimation des fumiers.

Conclusions

1° *Avant la mécanisation* l'agriculteur entretenait largement ses terres en humus : 0,8 unités bétail à l'hectare dont 0,1 pour la traction et 0,5 sous forme d'un troupeau de moutons. Peut-être les verts de betteraves sont-ils surestimés (ramassage de quelques ha de verts) mais les fumiers sont un peu sous-estimés (gros fumiers à l'ha)?

2° *La mécanisation* a peu modifié le bilan tant que le colza a couvert des surfaces importantes. Les pailles enfouies fournissent une quantité importante d'humus. Les pailles brûlées n'ont jamais été très importantes dans les régions de culture betteravière qui entretiennent toutes une certaine quantité de bétail grâce aux pulpes.

3° *La diminution du colza* et l'augmentation des plantes sarclées à restitution négligeable (ex. pommes de terre) réduisent notablement les résidus de récolte. Néanmoins la quantité de fumier se maintient et aucune raison ne permet de penser que sa teneur en paille a changé. D'autre part, la sole de céréales augmente.

Le chiffre plus élevé des pailles résiduelles montre que leur enfouissement direct se développe.

4° *En 1954, malgré la réduction de la betterave*, au profit de la pomme de terre et la diminution importante du colza, l'équilibre humique se maintient. D'ailleurs les rendements en céréales ont augmenté et les pailles sont certainement sous-estimées (malgré les blés à paille courte).

Comparaison en 1954 de types différents d'exploitations

1° *Dans les grandes exploitations à sole importante de plantes sarclées* (plus de 37 %), les pommes de terre occupent une surface très importante en comparaison de l'assolement betteravier traditionnel. Il faut certainement les rendre responsables du déficit d'humus constaté. Nous

TABLEAU I

Année de récolte	1927-1938	1951-1952	1952-1953	1953-1954	1954-1955		Exploitations familiales de la Somme
					Moyenne des grandes exploitations	Grandes exploitations à forte sole de plantes sarclées	
Luzerne	13	9	9	9	10	7	15
Betteraves sucrières	22	21	22	22	19	26	10
Pommes de terre	1	6	6	6	7	16	7
Colza	1	12	10	5	3	1	0
Blé	36	31	32	35	38	38	27
Céréales secondaires	19	12	11	14	11	7	19
TOTAL Labours	92	91	90	91	90	95	78
Pâtures	8	9	10	9	10	5	22
Fumier	13	10	10	11	10	10	14
Engrais verts	9	5	5	5	4	4	8

TABLEAU II

Restitutions pour 100 hectares

Année de récolte	1927-1938	1951-1952	1952-1953	1953-1954	1954-1955		Exploitations familiales de la Somme
					Moyenne des grandes exploitations	Grandes exploitations à forte sole de plantes sarclées	
Betteraves	28 600	27 300	28 600	28 600	24 700	33 800	5 000
Pommes de terre	0	0	0	0	0	0	0
Colza	1 500	18 000	15 000	7 500	4 500	1 500	0
Blé	18 000	16 500	16 000	17 500	19 000	19 000	13 500
Céréales secondaires	9 500	6 000	5 500	7 000	5 500	3 500	9 500
Luzerne	13 000	9 000	9 000	9 000	10 000	7 000	15 000
	70 600	76 800	73 500	69 500	63 700	64 800	43 000
Fumiers (40 t/h)	52 000	40 000	40 000	44 000	40 000	40 000	56 000
Engrais verts	9 000	5 000	5 000	5 000	4 000	4 000	8 000
TOTAL	131 600	121 800	118 500	118 600	107 700	108 800	107 000
PAILLES	6 200	7 500	7 400	9 500	12 600	9 700	0
CONSOMMATION	119 600	118 300	117 000	118 300	117 000	123 500	101 400
BILAN	+ 18 200	+ 9 000	+ 8 900	+ 8 800	+ 3 300	— 5 000	+ 5 600

avons d'ailleurs pu voir dans des fermes à assolement très important de pommes de terre une nette dégradation de structure. Pour maintenir cet assolement, ces fermes devraient intensifier les engrais verts en culture dérobée : d'après l'assolement étudié, 10 hectares au total (une céréale avec engrais vert sur quatre).

2° *La moyenne des grandes exploitations* est sensiblement en équilibre humique malgré une quantité de bétail assez faible : 0,45 unité bétail à l'hectare (quantité du même ordre que pour le groupe précédent).

3° *Les exploitations familiales* assurent largement un entretien humique convenable de leurs terres. Néanmoins, malgré une charge en bétail nettement plus forte que la moyenne des grandes exploitations (0,96 U. B.) elles ne présentent pas des restitutions d'humus beaucoup plus importantes que celles-ci. Si on tient compte du fait que les rendements en céréales y sont souvent plus faibles, on peut estimer que l'entretien humique n'est pas forcément mieux assuré que dans la grande exploitation. Par contre, un travail du sol moins important réduit sans doute la consommation d'humus, bien que ce facteur tende à diminuer par suite de l'équipement progressif en tracteurs, permettant de travailler dans de bonnes conditions et à temps.

4° *Participation des cultures à l'entretien humique dans ces différents types d'exploitations :*

Pour cent de l'entretien	Moyenne des grandes exploitations	Exploitations a forte sole de plantes sarclées	Exploitations familiales
Verts de betteraves. . . .	21	28	5
Chaumes et pailles	34	29	21
Luzerne et engrais verts. .	12	9	21
Fumiers	33	34	53

Les verts de betteraves participent donc énormément au maintien de l'équilibre humique des grandes exploitations. Ceci explique la situation toujours prospère de nombre de pièces supportant depuis plusieurs dizaines d'années l'assolement biennal betterave-blé.

On voit également qu'en parlant de culture de remplacement pour la betterave sucrière, il faut être extrêmement prudent sur le principe même. Un des aspects du problème sera l'incidence de la plante de remplacement sur le bilan humique, donc sur l'effet structural à longue échéance. Il faudrait tenir compte du résidu organique laissé sur le terrain ou des modifications éventuelles à apporter au reste de l'assolement. Il semble qu'en remplaçant une partie de betteraves par la pomme de terre, on ait en général négligé ce problème.

Le ramassage des verts de betteraves

On a vu que l'enfouissement des verts contribuait puissamment au maintien du taux d'humus du sol puisque, pour un rendement de 30 tonnes de verts, la restitution d'humus est sensiblement analogue à la perte annuelle.

Actuellement, les agriculteurs ont tendance à les ramasser, ce qui représente un nombre appréciable d'unités fourragères. La petite culture le fait souvent. La grande culture peut y venir en mécanisant l'arrachage. Le décolletage préalable permet en effet de rentrer des verts propres,

très supérieurs aux verts contenant beaucoup de terre quant aux résultats alimentaires.

Mais le problème de l'humus se posera alors d'une manière impérative et il faut envisager des solutions de remplacement.

Si le bétail n'augmente pas sur la ferme, ces verts remplacent un autre aliment. La production de fumier n'augmente pas. Il n'y a par ailleurs que peu de raisons pour modifier l'assolement à moins d'une intensification des plantes à fortes restitutions : maïs et colza. Les engrais verts pourront alors jouer un rôle de premier plan dans l'entretien humique.

Si le bétail augmente, la production de fumier peut s'accroître par l'augmentation des pailles, d'où une compensation partielle. D'autre part, les prairies artificielles ou temporaires peuvent augmenter, ce qui réduit d'autant les pertes. Néanmoins, il est vraisemblable qu'il faudra encore une compensation engrais verts.

Il semble que, certaines années, il soit possible et économique d'acheter de la paille à l'extérieur pour assurer la litière. Les frais de ramassage deviennent, en effet, comparables au prix de la paille extérieure rentrée. On peut alors compenser la perte d'humus en enfouissant directement la paille, tout en assurant la production de fumier, « mal nécessaire ».

Il s'agirait alors de comparer les coûts de deux techniques :

– enfouir les verts, ramasser la paille et acheter ou produire les aliments équivalents aux verts;

– ramasser les verts, enfouir la paille et acheter ou produire une quantité d'humus.

Dans cette comparaison, deux points sont difficiles à chiffrer :

1° *Acheter ou produire les aliments équivalents :* La difficulté ne tient pas en réalité à l'évaluation du coût d'achat ou de production de la denrée de remplacement, mais à la détermination de l'équivalence entre cette denrée et les verts. Des essais d'alimentation (1) indiquent que 660 kilogrammes de collets valent 1 000 kilogrammes de pulpes ensilées. En estimant que, dans un chantier bien organisé, on puisse obtenir 25 tonnes de verts, soit, après conservation convenable, environ 16 tonnes de matière, on a l'équivalent de 25 tonnes de pulpes ensilées, soit une valeur de 25 000 francs environ pour 1 600 U. F.

2° *La quantité d'azote disponible pour la culture suivante* après enfouissement des verts et compte tenu de la production d'humus.. Supposons que l'effet *direct* soit de 20 kilogrammes d'azote, bien que le reliquat soit vraisemblablement plus important mais agisse plus tard. On aurait alors à mettre au crédit des verts enfouis 2 200 francs.

Nous mettrons, d'autre part, au crédit de l'achat de paille les éléments minéraux rentrant en même temps sur la ferme, soit 4 900 francs. Nous ne comptons pas la valeur des éléments minéraux retirés ou non des champs, puisqu'ils restent sur la ferme.

Nous admettrons, d'autre part, que la valeur humus des verts ramassés est la même que celle des pailles enfouies et que les deux procédés sont donc équivalents au point de vue humus.

Les deux comptes peuvent s'établir ainsi à l'hectare :

Enfouissement des verts		Ramassage des verts	
Frais d'enfouissement (labour normal)	0 fr.	Ramassage des verts . .	8 000 fr.
Aliments équivalents achetés.	25 000 »	Valeur de la paille enfouie.	12 000 »
Ramassage de la paille . .	12 000 »	Travaux et azote pour l'enfouissement	6 500 »
		Achat de paille litière . .	16 000 »
	37 000 »		42 500 »
Déduire azote disponible .	2 200 »	N-P-K de la paille achetée.	4 900 »
	34 800 fr.		37 600 fr.

(1) Institut Belge pour l'amélioration de la Betterave, n° 2, septembre 1956.

En admettant que la valeur alimentaire des verts soit légèrement supérieure (ce qui n'est pas sûr en raison du déficit de matières protéiques) on voit que le ramassage ne présente pas d'intérêt particulier, *à condition bien entendu de vouloir maintenir le taux d'humus*. Sans cette dernière hypothèse, le bénéfice immédiat serait :

Valeur des aliments — ramassage = 16 000 francs.

Remarquons que l'entretien du taux d'humus par les verts pourrait s'exprimer par :

Valeur des aliments équivalents achetés — azote disponible = 22 800 fr.

Mais il est évident qu'une matière organique fournissant la même quantité d'humus à l'hectare pour un prix moindre, compte tenu de l'enfouissement (engrais verts par exemple), rend intéressant le ramassage des verts.

Une étude est en cours pour essayer de préciser le prix de revient du kilogramme d'humus de différentes provenances.

BIBLIOGRAPHIE D'ENSEMBLE

Ouvrages reçus pendant le mois de mai

Blanchard (Marcel). — *Recherches sur la biologie et la culture du soja en Algérie.* Brochure 105 pages (fascicule 7 du tome IX, mai 1956 des « Annales de l'Institut Agricole et des Services de Recherches et d'Expérimentations agricoles de l'Algérie ») (nombreuses figures et tableaux annexes). Institut Agricole d'Algérie, Maison-Carrée, Alger.

Gros (André). — *Engrais - Guide Pratique de la fertilisation.* Volume broché 356 pages. Librairie de la Maison Rustique, 26, rue Jacob, Paris (6e). (Hommage de l'auteur.) (Présenté par M. Jean Lefèvre.)

F. A. O. — *Les peupliers dans la production du bois et l'utilisation des terres.* Volume broché 520 pages, orné nombreuses photos et dessins. Éditions A. Pédone, 13, rue Soufflot, Paris (5e). (Signalé par M. Préaud.)

Pourtet (Jean). — *La culture du peuplier.* Ouvrage broché 250 pages, nombreuses illustrations. Éditions Baillière et Fils, 19, rue Hautefeuille, Paris (5e). (Hommage de l'auteur.) (Présenté par M. Guinier.)

Caputa (J.). — *Plantes fourragères annuelles.* Opuscule 63 pages, 59e Communiqué de l'Association pour le développement de la culture fourragère (A. D. C. F. Changins-sur-Nyon (Suisse).

Chouteau (J.). — *Détermination de l'évapotranspiration d'un sol cultivé en tabac. Application de la conduite des arrosages.* Étude publiée dans le volume II, n° 3, 1956, des « Annales de l'Institut expérimental du Tabac de Bergerac ». (Signalé par M. Préaud.)

Renier (A.). — *Application du calcul matriciel à la génétique des populations.* Étude publiée dans le volume II, n° 3, 1956, des « Annales de l'Institut expérimental du Tabac de Bergerac (Dordogne). (Signalé par M. Préaud.)

Bienaymé (A.). — *Le bilan corps gras de la France.* Étude publiée dans le n° 5, 1957, de la Revue « Oléagineux », 8, square Pétrarque, Paris (16e). (Signalé par M. Préaud.)

Meyer (René). — *La productivité des investissements en matière d'hydraulique agricole. Essai de mesure.* Étude publiée dans « Études et Documents de l'Institut de Recherches Économiques et Sociales d'Alger », n° 29, octobre 1956. I. R. E. S. A., Dar-el-Djia, Bouzariah (Alger). (Signalé par M. Préaud.)

Susmel (Lucio). — *Caractères écologiques, végétatifs et structuraux des forêts de Longarone* (en italien). Opuscule 130 pages avec photos et graphiques. Accademia di Scienze forestali. Firenze. Tip. Bruno Coppini e C., 1957.

Masson (A.). — Ototoxicité et pathologie comparée. La galvanotaxie appliquée à l'étude des effets ototoxiques d'antibiotiques. Étude extraite de la « Revue de Pathologie générale et de Physiologie clinique », n° 685, février 1957. Pacomhy, éditeur, Paris. (Présentée par M. Dufrénoy.)

Gobbe (A.). — *L'évaluation des travaux de vulgarisation.* Étude publiée dans la revue « Agriculture », n° d'août 1954. Ministère de l'Agriculture, Services Économiques, 10, rue du Méridien, à Bruxelles. (Signalée par M. Préaud.)

Barret (J.), Renaud (A.) et Siloret (J.). — *Contribution à l'étude de la mise en valeur des sols sableux.* Étude publiée dans le « Bulletin Technique d'Information des Ingénieurs des Services Agricoles », n° 117, février 1957, 72, rue de Varenne, Paris (7e). (Signalée par M. Préaud.)

Adam (Jean). — *Technique agricole des pays chauds. Principes de base.* Volume broché 228 pages, orné photos et dessins. Encyclopédie d'outre-mer, 3, rue Blaise-Desgoffe, Paris (6e). (Présenté par M. Ferrand.)

Laumont (Pierre). — *Service de l'expérimentation agricole en Algérie. Rapport annuel 1955-1956.* Trois parties. Imprimerie Fourty, Maison-Carrée, Algérie. (Signalé par M. Préaud.)

Mensier (Paul-H.). — *Dictionnaire des huiles végétales.* Volume broché 760 pages. Éditions Paul Lechevalier, 12, rue de Tournon, Paris (6e), 1957. (Présenté par M. Ferrand.)

Imprimé par l'Imprimerie Alençonnaise, place Poulet-Malassis, Alençon (Orne)
Dépôt légal 1957 (3e trimestre). — N° d'ordre : 4.603. — C. P. P. P. 23.579

***

Les communications faites à chaque réunion et les observations auxquelles elles donnent lieu sont publiées dans les *Comptes Rendus des séances de l'Académie d'Agriculture* qui paraissent deux fois par mois, sauf en août et en septembre, et forment, chaque année, un volume de 700 à 800 pages.

Organe entièrement désintéressé, ayant toujours refusé d'insérer une publicité de quelque nature qu'elle soit, les *Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de France* présentent au point de vue scientifique une haute tenue qui les place au rang des publications similaires de l'Académie des Sciences, de l'Acaémie de Médecine et de l'Académie Vétérinaire. Ce bulletin, qui a toujours trouvé auprès des élites scientifiques françaises et étrangères l'accueil le plus favorable, est indispensable à tous ceux qui désirent se tenir au courant de l'évolution des recherches agronomiques en France ainsi que des techniques nouvelles appliquées en agriculture.

Reconnue d'utilité publique, l'Académie est habilitée à recevoir des dons et des legs avec ou sans affectation spéciale; les libéralités ainsi faites ont permis la fondation de nombreux Prix destinés à récompenser des recherches ou des essais portant sur toutes les branches de l'Agriculture Française.

***

Les prix et conditions d'abonnement pour l'année 1957 sont les suivants :

	France et Union Française	*Étranger*
	—	—
Abonnement annuel	1.200 fr.	1.500 fr.
Numéro au-dessous de 50 pages . . .	100 »	140 »
Numéro de 50 pages et plus.	125 »	180 »

Les abonnements partent du 1er janvier de chaque année et peuvent être souscrits au siège de l'Académie d'Agriculture de France : 18, rue de Bellechasse, Paris (7e), avec paiement par chèque sur Paris, ou de préférence par virement ou envoi postal : C. C. P. 3829-19 Paris.

Les collections des années précédentes sont en vente, sauf épuisement, au prix de 2.000 fr. la collection reliée et de 1.500 fr. en fascicules séparés.

L'Académie peut également fournir des *reliures mobiles*, qualité marocain, couleur nègre, portant en lettres dorées l'inscription : Académie d'Agriculture de France. Comptes Rendus des Séances, 20 tringles; non millésimées : 400 francs, millésimées : 450 francs.

N° 10

SÉANCE DU 22 MAI 1957

Présidence de M. Tony BALLU

Sur l'économie de l'eau dans les régions arides:

I. — **M. Chouard.** — Présentation commentée de clichés en couleurs pris dans la région de Beni-Abbès 519

II. — **M. Hénin.** — Les principes généraux de l'économie de l'eau dans les sols : essai d'application au cas des régions arides 519

Observations : **MM. le Président, Menchikoff, Chouard, Hénin** 523

M. Wallace, *membre étranger.* — Diagnostic des carences minérales chez les plantes. (*Présentation d'ouvrage par* **M. Lavollay.**) 524

M. Mensier. — Dictionnaire des huiles végétales. (*Présentation d'ouvrage par* **M. Ferrand.**). 526

Mme Sosa-Bourdouil et **M. Lecat.** — Remarques sur les premières phases de la pénétration des phosphates marqués par le limbe foliaire. (*Note présentée par* **M. Chouard.**) . . 527

MM. Carles, Soubiès et **Gadet.** — Répartition des éléments minéraux dans le maïs au cours de sa végétation 532

— Influence d'une fourniture plus ou moins abondante d'engrais azotés sur la pénétration et la migration des éléments minéraux dans le maïs. (*Deux notes présentées par* **M. Chouard**) 536

Observation : **M. Ferrand** 544

M. de Bettignies. — L'utilisation des complexons dans l'analyse des vins. (*Note présentée par* **M. Lemoigne.**). 544

***

Erratum, n° 7 des C. R., 1957, page 378. 549

SÉANCE DU 29 MAI 1957

Présidence de M. Tony BALLU

M. Pierre Fromont. — Le problème de la parité interne des prix agricoles : une étude suisse 550

Observations : **MM. le Président, Chombart de Lauwe, Noilhan, Fromont, Lefèvre** 552

M. Pierre Fromont. — Présentation de l'ouvrage de M. Phlipponneau : La vie rurale de la banlieue parisienne 553

Observations : **MM. Chombart de Lauwe, Hénin, Fromont, de Vilmorin** 555

M. André Leroy. — Sur l'élevage des brebis laitières en Israël. 556

M. Coïc, *correspondant,* et **M. Trunkenboltz.** — La nutrition et la fertilisation azotées de la betterave sucrière. (*Note présentée par* **M. Beauchamps.**) 559

M. Rebour, *correspondant.* — Mandarines et clémentines d'Algérie 563

M. Hébert. — Maintien du taux d'humus en culture industrielle du nord de la France. (*Note présentée par* **M. Lemoigne.**) 566

Bibliographie d'ensemble. Ouvrages reçus pendant le mois de mai 1957. 572

Le Gérant : BERNARD GRISARD.

Imprimé par l'Imprimerie Alençonnaise, Place Poulet-Malassis, Alençon (Orne), France
C.P.P.P. : 23.579 N° 10. — 7-57 — 4.603